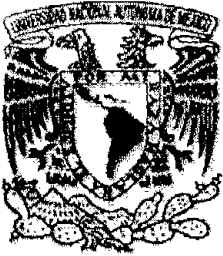


01153



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

PROYECTO TERMINAL

**"CONTROL DE POZOS DEPRESIONADOS CON  
SISTEMA ARTIFICIAL DE BOMBEO MECÁNICO"**

QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE  
ESPECIALISTA EN PERFORACIÓN DE POZOS  
PETROLEROS

PRESENTA:

EDUARDO LEÓN HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE PROYECTO :

M. EN I. MARTÍN TERRAZAS ROMERO

ENERO DE 2005



m. 340703



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Como un presente a mis padres Sr. Alfonso Leon Sánchez (q.e.p.d.) y Sra. Ma. Del Carmen Hernández Espinoza por su sacrificio en darme una profesión.**

**Con todo mi amor a mi  
esposa Sra. Ma. Teresa  
Castro López.**

**Con todo mi cariño a mi hija Lic.  
Ma. Del Carmen Leon Castro**

**Mi especial agradecimiento al Ingeniero  
Martín Terrazas Romero  
Por su ayuda en la dirección de este  
trabajo terminal**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES EN ENERGÍA  
CONSEJO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
NOMBRE: León Hernández Eduardo

## INDICE

FECHA: 2-02-2005  
FIRMA: P. S. José Luis Arce H.

<b>I. ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
I.1. Empleo de gelatinas temporales .....	2
I.2. Empleo de tapones de carbonatos .....	2
I.3. Empleo de tapones de sal de grano .....	3
<b>II. ESTRATEGIAS DE DESARROLLO .....</b>	<b>4</b>
II.1. Adecuar el procedimiento de control de pozos del que actualmente se realiza.....	4
II.2. Buscar otras alternativas de control utilizadas en campos similares con la finalidad de acelerar la incorporación de esta tecnología .....	9
II.3. Aplicar las tecnologías detectadas así como los cambios de procedimientos sugeridos y evaluar su aplicación.....	9
<b>III. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....</b>	<b>21</b>
III.1. En aparejos que lo permitan, emplear tapones de sal para las conversiones de bombeo mecánico .....	21
III.2. En aparejos definitivos de bombeo mecánico usar una válvula de pie y otros accesorios para circular y corregir problemas existentes .....	23
III.3. Probar bloqueadores temporales en pozos que lo requieran .....	31
III.4. Probar fluidos con densidades menores de 0.86 gramos/cm <sup>3</sup> actualmente en experimentación, con la finalidad de establecer circulación.....	34
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>36</b>
<b>TABLAS Y FIGURAS.....</b>	<b>39</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>64</b>

## RESUMEN

En este trabajo terminal se adecuó el procedimiento para realizar la conversión y/o el reacondicionamiento de bombeo mecánico en pozos depresionados del Distrito Poza Rica con alta R.G.A., este procedimiento se elaboró siguiendo cuatro alternativas de solución para controlar este tipo de pozos que han ocasionado accidentes en los equipos de mantenimiento a pozos y engasamiento del personal.

Las dos primeras alternativas se proponen para realizar conversiones a bombeo mecánico; aquí se menciona en qué tipo de pozos se pueden colocar tapones de sal de grano y posteriormente prepararlos para que por medio de una válvula de pie y otros accesorios que se colocarán en el aparejo definitivo, en las futuras intervenciones queden los pozos listos para circular con fluido y realizar las operaciones de control con seguridad. Las dos últimas alternativas de solución para controlar pozos depresionados de bombeo mecánico, son una novedad en México ya que en el caso del bloqueador "CLEAN PLUG GEL" no se ha utilizado en ningún Distrito y la prueba tecnológica realizada en el pozo Poza Rica 391, mediante la colocación y prueba de este producto, fue realizada con éxito y es posible utilizarlo en cualquier tipo de pozos depresionados. Respecto al fluido de baja densidad que se probó en el pozo escuela el Castaño de Villahermosa Tabasco, abre expectativas en el futuro para realizar controles primarios en pozos depresionados de bombeo mecánico y de otro sistema artificial que requieran densidades menores de  $0.86 \text{ gramos/cm}^3$ .

Con este trabajo terminal se pretende resolver los problemas que se tienen actualmente en pozos depresionados con alta R.G.A., siguiendo como procedimiento de control cualquiera de las cuatro alternativas de solución que se plantearon para tal fin.

## INTRODUCCIÓN

Debido a las políticas ecológicas y de seguridad a la población por parte de Petróleos Mexicanos y al plan de contingencia que se puso en marcha en 1992, para la eliminación de la red de bombeo neumático del área urbana y suburbana de Poza Rica y usar el bombeo mecánico como solución en la explotación del yacimiento, se originó el problema del control de pozos depresionados que trabajan con este sistema.

Durante la intervención de los pozos que cuentan con este sistema, se tienen problemas en el control de los mismos, provocando condiciones adversas de seguridad por las manifestaciones de aceite y gas. Esto ha ocasionado accidentes en el personal y el equipo de mantenimiento, ya que por lo general todos estos pozos tienen baja presión de fondo, pero continúan produciendo con una relación gas-aceite lo suficientemente alta para provocar problemas de engasamiento al personal operativo.

Lo anterior se debe a que no se logra establecer circulación inversa a través del niple ventana colocado en los accesorios del aparejo, con el propósito de que por medio de la circulación se desalojen los fluidos del pozo. Otra forma es intentar circular a través del ancla mecánica que se usa para tensionar la tubería de producción.

Con el avance de la explotación del yacimiento, los problemas generados por el uso de este sistema fueron creciendo y los fluidos de baja densidad de  $0.86 \text{ gramos/cm}^3$  que se utilizan actualmente no controlan adecuadamente los pozos, debido a que exceden la presión del yacimiento, ocasionando con esto:

Engasamientos del personal por el empleo de un fluido inadecuado, pérdida excesiva e incremento en costos por intervención. Aunado a lo anterior, al tener las pérdidas de fluido de control se provoca; daño a la formación productora y costos elevados para eliminar este daño.

Actualmente la Región Norte cuenta con varios campos en etapa final de producción primaria, por lo que se han tenido que implementar sistemas artificiales de producción, tales como el sistema de bombeo mecánico, la bomba de cavidades progresivas y algunos otros, sin embargo en la instalación de todos estos sistemas se tiene el mismo problema que es el control de pozos depresionados. Por tal motivo es necesario establecer un procedimiento, que permita disponer de la metodología para el control de estos pozos evitando el daño provocado al yacimiento y efectuar los trabajos de reparación con mejores condiciones de seguridad.

## I. ANTECEDENTES

El bombeo mecánico es uno de los sistemas artificiales de producción más importante en la Región Norte, después del bombeo neumático; y debido a que el núcleo urbano se ha ido asentando sobre o alrededor de las localizaciones de los pozos en explotación, la utilización de gas a alta presión se tornó riesgosa; por lo que, el bombeo mecánico se introdujo como una solución al problema sustituyendo al bombeo neumático en estas áreas. Actualmente debido a que se han aplicado con mayor rigidez las políticas ecológicas y de seguridad a la población por parte de Petróleos Mexicanos, su implantación se aceleró aún cuando algunos pozos no son los más apropiados para explotarse con este sistema.

Las acciones más importantes emprendidas por personal del Distrito para optimizar y resolver los problemas que se han presentado en el bombeo mecánico desde su implantación, considerando desde adaptaciones de equipo, herramientas, y el mejoramiento de las condiciones de explotación, hasta la introducción de nuevas tecnologías y medidas como: la eliminación de parte del anillo de bombeo neumático del área Poza Rica y el plan de contingencia que durante 1992 se puso en marcha para dejar fuera de operación el gasoducto Zapotalillo-Miquetla, originó que el sistema artificial de bombeo mecánico se introdujera como sustituto en la explotación de los pozos, sin embargo el cambio de sistema trajo consigo serios problemas operativos y de control de estos pozos.

Con el avance de la explotación de los yacimientos del área Poza Rica, los problemas para el bombeo mecánico se fueron acentuando, siendo los problemas más comunes:

- a) Altas relaciones gas-aceite.
- b) Alto Contenido de sedimentos y arenas.
- c) Bajas presiones de fondo y por consiguiente niveles muy profundos de fluido.
- d) Desviaciones pronunciadas.
- e) Aceites viscosos.

La combinación de éstos problemas ocasionó severas dificultades en la operación, dando como resultado que los pozos se intervinieran constantemente, lo que originó que la eficiencia y rentabilidad del sistema disminuyera. Lo anterior motivó la búsqueda de alternativas de solución y la realización de modificaciones al aparejo de bombeo mecánico, que permitieran la explotación en pozos donde el bombeo mecánico no era factible de aplicar.

Al tenerse altas relaciones gas-aceite y bajas presiones de fondo, no es posible establecer circulación, ya que el fluido de baja densidad se pierde en la formación. Esto ha originado la búsqueda de productos que bloqueen temporalmente el intervalo productor para poder desalojar el aceite y gas y poder reparar los pozos con seguridad.

Los productos que a la fecha se han probado en los distritos de la Región Norte, son los siguientes:



- Gelatinas temporales.
- Carbonatos.
- Tapones de sal de grano.

### **I.1. Gelatinas Temporales.**

En los años de 1978 y 1979, el Instituto Mexicano del Petróleo probó las gelatinas temporales, con el fin de bloquear el intervalo productor y poder establecer circulación en los campos depresionados de Poza Rica, El fluido de control utilizado para desplazar estas gelatinas y tratar de circular el pozo fue kerosina con una densidad de  $0.81 \text{ gramos/cm}^3$  sin lograr resultados satisfactorios. Las pruebas que se realizaron en los diferentes pozos del distrito Poza Rica no lograron bloquear el intervalo productor con los tapones de gelatina, debido a que no soportaron la columna hidrostática generada por la kerosina y por consecuencia este fluido de control se perdió en el yacimiento junto con la gelatina.

### **I.2. Carbonatos.**

En el año de 1980 se probaron los tapones de carbonato en dos pozos del campo Remolino del Distrito Poza Rica. Este campo tiene la particularidad de tener la mayor parte de pescados y/o problemas mecánicos por daño en las tuberías de revestimiento. En esa ocasión lo que se pretendió con el uso de los carbonatos fue bloquear el intervalo productor debajo de los pescados y/o de los problemas mecánicos, con el fin de recuperar y/o corregir dichos problemas. En estos pozos se requería establecer circulación para realizar operaciones de desbastamiento en los hombros de los empacadores con zapatas de labio y molinos y posteriormente poder recuperarlos con alguna otra herramienta.

Durante las operaciones se observó que los tapones de carbonato no llegaban al intervalo productor, ya que la mayor parte del material se depositaba arriba de la boca del pescado y al empezar a desbastar el fierro el fluido de control que se utilizaba se perdía en la formación, por lo que tampoco se obtuvieron resultados satisfactorios.

### **I.3. Tapones de Sal.**

En 1990 se probaron en los Distritos Veracruz y Poza Rica, en pozos con aparejos sencillos fluyentes y de bombeo neumático respectivamente, estos tapones, los cuales se preparaban con fluido de baja densidad con una viscosidad no menor de 600 segundos masch, el cual se saturaba con sal en grano. Estos tapones se desplazaban al intervalo productor con el fin de establecer la circulación y tener una columna hidrostática adecuada para poder realizar la operación del pozo con seguridad.

Estos tapones que se colocaron en todos los pozos de los distritos antes mencionados si cumplieron con el objetivo, por lo cual en algunos distritos se siguen utilizando con aparejos que permiten la colocación de los mismos. En pozos de bombeo mecánico no se puede colocarlos ya que la sal de grano taponaría el orificio del niple ventana y/o los huecos del ancla mecánica.

## **II. ESTRATEGIAS DE DESARROLLO**

### **II.1. ADECUAR EL PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE POZOS EMPLEADO ACTUALMENTE**

Los procedimientos aprobados en su momento por la Gerencia de Perforación y Mantenimiento a Pozos (a nivel sede), para llevar a cabo la secuencia operativa para todo tipo de intervención y para cada una de los tipos de terminación, reparación mayor y reparación menor, entre las que se encuentran las reparaciones de bombeo mecánico, son los siguientes:

#### **Secuencia general para todo tipo de intervención**

##### **Primer paso**

Programa de movimiento de equipos (anual, ajustado y mensual).

##### **Segundo paso**

Acondicionar camino, localización, construcción de cunetas, presa de desperdicio y/o quemador, abastecimiento de agua y energía eléctrica por los departamentos responsables.

##### **Tercer paso**

Revisar y colocar faltantes del árbol de válvulas, y tomar las presiones de los espacios anulares.

**Nota.-** Si el árbol tiene fugas o su estado representa riesgo se deberá dar mantenimiento, engrasando y operando las válvulas; así como activando los sellos secundarios y controlando el pozo antes de instalar el equipo.

##### **Cuarto paso**

Elaboración del programa de intervención.

#### **Procedimiento para un reacondicionamiento de bombeo mecánico**

Desarrollar primeramente los cuatro pasos de la secuencia general para todo tipo de intervención.

- Desmantelar las conexiones superficiales de la unidad (balancín).
- Desanclar y recuperar la bomba.
- Si no se desancla, instalar preventor para tubería y probar bomba hidráulica.

- Recuperar el aparejo de bombeo mecánico, simultáneamente tubería con varilla.
- Probar cabezal, preventor y conexiones superficiales a la presión de trabajo.
- Reconocer la profundidad interior.
- Meter la tubería de producción franca, colocar la válvula de seguridad, cerrar el preventor y tomar el registro de presión de fondo.
- Cuando el pozo se limpie por circulación, utilizando espuma, instalar preventor stripper y la válvula de contrapresión en la TP, sacar tubería de producción a la superficie.
- Meter los accesorios de bombeo mecánico correspondientes con tubería de producción, desmantelar el preventor, colocar la válvula maestra e instalar el preventor para varilla, estopero y conexiones superficiales.
- Meter la bomba con varillas, anclar y probar la efectividad, efectuar el ajuste y espaciamiento con varilla pulida y unidad superficial.
- Instalar conexiones definitivas, operar y observar el funcionamiento del aparejo, si no es satisfactorio, repetir las secuencias para substituir por otro aparejo.
- Si el aparejo funciona normalmente, desmantelar el equipo.

Estos procedimientos en los cuales se encuadran las operaciones de control en aparejos de bombeo mecánico, fueron revisados en el año de 1997, por personal profesional y técnico de los Distritos Veracruz y Poza Rica de la Región Norte, quedando de la siguiente forma.

### **Procedimientos de Terminación y Reparación**

En lo que se refiere a las operaciones que se realizan en aparejos de bombeo mecánico se tratan en el punto seis, en una forma muy general y en particular en los puntos 6.1, 6.2, 6.3, 6.5.1 y 6.6.1.

- 1. Recibir localización**
- 2. Transportar equipo**
- 3. Instalar equipo**
- 4. Probar la bomba para accionar preventores**
- 5. Probar conexiones superficiales**

## 6. Intervención del pozo

Utilizar equipo de seguridad.

Efectuar junta previa del trabajo a desarrollar con todo el personal involucrado, ya sea de la empresa o de compañías, teniendo siempre presente la importancia de la seguridad personal y la protección al entorno ecológico.

### 6.1. Fluido de control

6.1.1. Determinar tipo de fluido

6.1.2. Calcular densidad de equilibrio

6.1.3. Calcular densidad de trabajo

6.1.4. Verificar sistema de agitación

6.1.5. Preparar o acondicionar volumen requerido

### 6.2. Control del pozo

#### 6.2.1. Seleccionar método

6.2.1.1. Bombeo o circulación de fluidos

Método de densificar y esperar.

Método del perforador.

Método volumétrico (bombeo y descarga).

Control dinámico.

Regresar fluidos a la formación.

6.2.1.2. Precipitación de sólidos

Bombeo de agua con barita.

6.2.1.3. Mecánicos combinados

Introducción con tubería a presión.

Tubería flexible.

Equipo de control con flujo en el pozo.

6.2.1.4. Control primario

Presión de formación y densidad de equilibrio.

Densidad de trabajo.

Cálculo hidráulico para determinar caídas de presión.

Densidad equivalente de circulación.

Presión de ruptura y gradiente de fractura.

Cálculo de volúmenes y materiales químicos.

Cálculo de emboladas por minuto para determinar gasto.

Presión reducida de circulación por gasto y por reducción de densidad.

- 6.2.2. Observar abatimiento del flujo del pozo
  - 6.2.2.1. Abrir válvulas en TP y TR., lentamente
  - 6.2.2.2. Observar comportamiento una hora como mínimo
  - 6.2.2.3. En caso de observar aportación restituir control del pozo
- 6.3. Cambio de árbol de válvulas por conjunto preventores
  - 6.3.1. Pozo con árbol de válvulas sencillo
  - 6.3.1. Pozo con árbol de válvulas doble
  - 6.3.3. Pozo con bombeo mecánico
    - 6.3.3.1. Preparar herramientas necesarias  
Conjunto de estopero-preventor.  
Varilla madrina.  
LLaves, elevador y gancho elevador.
    - 6.3.3.2. Eliminar instalación de equipo mecánico superficial
    - 6.3.3.3. Conectar varilla madrina a varilla pulida, suspender sarta verificando peso
    - 6.3.3.4. Desconectar estopero-preventor
    - 6.3.3.5. Levantar sarta, colocar elevador en primera varilla, verificar desanclaje de la bomba
    - 6.3.3.6. Sentar sarta y eliminar varilla pulida y conjunto de estopero-preventor
    - 6.3.3.7. Colocar preventores (hules adecuados para diámetros de varillas) con tubo espaciador
    - 6.3.3.8. Conectar varilla madrina, suspender sarta y eliminar elevador
    - 6.3.3.9. Conectar y apretar preventores con tubo espaciador
    - 6.3.3.10. Sentar sarta sobre tubo espaciador, eliminar varilla madrina
- 6.4. Simulacro de control
- 6.5. Sacar varilla, tubería de producción o de trabajo
  - 6.5.1. Sacar varilla
    - 6.5.1.1. Verificar condiciones de gancho elevador

- 6.5.1.2. Verificar funcionamiento de los elevadores
- 6.5.1.3. Verificar funcionamiento de las llaves
- 6.5.1.4. Fijar tubo espaciador colocando cuñas en mesa rotaria
- 6.5.1.5. Inspeccionar cable de llave de aguante
- 6.5.1.6. Preparar área para estiba de varilla
- 6.5.1.7. Sacar sarta de varillas a velocidad moderada, desconectando manualmente o con llave hidráulica
- 6.5.1.8. Restituir con fluido de control, el volumen de varillas recuperado
- 6.5.1.9. Revisar condiciones de coples y piñones
- 6.5.1.10. Solicitar varillas necesarias para reposición
- 6.6. Meter varilla, tubería de producción o de trabajo
  - 6.6.1. Meter varilla
    - 6.6.1.1. Verificar condiciones de gancho elevador
    - 6.6.1.2. Verificar funcionamiento de los elevadores
    - 6.6.1.3. Verificar funcionamiento de las llaves
    - 6.6.1.4. Inspeccionar cable y llave de aguante
    - 6.6.1.5. Levantar primera varilla y conectar bomba de inserción y/o rotor
    - 6.6.1.6. Meter varillas a velocidad moderada, conectando manualmente y/o con apriete computarizado, en caso necesario colocar centradores según distribución
- 6.7. Tapones de cemento
- 6.8. Cementación primaria
- 6.9. Operación de herramientas de pesca
- 6.10. Moliendo y perforando
- 6.11. Sacar o meter tubería de revestimiento
- 6.12. Cambio de conjunto de preventores por árbol de válvulas
- 6.13. Operación con unidades de apoyo
- 6.14. Estimulación o fracturamiento

## **7. Desmantelar equipo**

## **8. Entregar localización**

### **II.2. BUSCAR OTRAS ALTERNATIVAS DE CONTROL UTILIZADAS EN CAMPOS SIMILARES, CON LA FINALIDAD DE ACELERAR LA INCORPORACIÓN DE ESTA TECNOLOGÍA**

#### **Bloqueadores temporales**

Estos productos permiten aislar el intervalo productor, mientras se repara el pozo y pueden colocarse en forma inversa por la tubería de revestimiento a través del niple ventana y/o cuando se utilice ancla mecánica. Uno de estos productos comerciales es el "Clean Plug Gel" cuya información se describe a continuación:

##### **Uso del producto**

"Clean Plug Gel" activado es una gelatina bloqueadora temporal, usada para aislar zonas permeables de la invasión y el consecuente daño de los fluidos de terminación.

##### **Ventajas del producto**

La gelatina bloqueadora activada genera una alta viscosidad (varias veces mayor a una normal de fractura).

Es un polímero limpio de bajo residuo.

Compatible con estabilizadores de arcilla.

Compatible con aguas de mar.

Compatible con la mayoría de soluciones salinas.

No daña.

Activado por temperatura y tiempo.

Puede ser mezclado y bombeado con equipo de alta presión.

Ha sido probado con efectividad en el campo durante varios años.

##### **Beneficios**

Buen aislador/protege zonas de pérdida de fluido.

Flexibilidad hasta 200 °F de unas horas o varios días de lapso de tiempo y en una nueva versión para temperaturas mayores a 200 °F.

No requiere equipo especializado para su mezcla y bombeo.

El producto es confiable y de fácil preparación.

##### **Como trabaja el producto**



El "Clean Plug Gel", es un sistema de polímero activado (en cadena) retardado, derivado del hidroxietil celulosa, que forma la gelatina bloqueadora temporal no perjudicial para la formación.

El producto incorpora un sistema de bajo residuo de celulosa polimérica, su activación ocurre en el fondo del pozo después de que el gel ha sido colocado. Una vez que el fluido empieza a encadenarse, obtiene propiedades de viscosidad parecido a un sólido elástico.

Estas altas propiedades de viscosidad pueden ser usadas para obturar temporalmente zonas de alta permeabilidad a fin de controlar el fluido durante la reparación del pozo. La pérdida de fluido es controlada principalmente por la alta viscosidad. El producto ha sido desarrollado para soportar hasta 200 °F y puede mezclarse desde 60 hasta 120 libras de polímero por cada 1000 galones dependiendo de las condiciones encontradas en el pozo.

El agua requerida debe cumplir con los mismos requisitos en cuanto a PH, dureza, iones Fe y cantidad de bicarbonatos que cualquier agua necesita para la preparación de fluidos. El factor más importante que debe ser controlado es el PH antes de ser activado.

### **Aplicación**

El producto puede ser usado en todo tipo de pozos con temperatura de hasta 200 °F o menos. Lo normal es emplearlo con 2% de solución de cloruro de potasio, sin embargo es compatible con cloruro de sodio, cloruro de calcio, bromuros de calcio/sodio/zinc y/o agua de mar. La duración del tapón de gelatina se puede manejar desde rangos de varias horas a varios días.

El producto "Clean Plug Gel" usa un sistema rompedor interno y/o un sistema rompedor externo para controlar efectivamente la degradación de la viscosidad del sistema. El rompedor interno es el que actúa por sí solo en el tiempo, y los externos pueden variar desde oxidantes hasta salmueras o ácidos y de acuerdo a la necesidad se diseña el tipo y su dosificación (Figuras 1, 2 y 3).

### **Fluidos de baja densidad.**

Por lo que respecta a fluidos de control con densidades menores de 0.86 gramos/cm<sup>3</sup>, y que además se pueda tener control sobre los mismos en las presas de succión, mezclado y asentamiento de los equipos de Perforación y Mantenimiento a Pozos, se llevó a cabo una prueba tecnológica de un fluido espumoso día 20 al 28 de mayo del presente año con la participación del personal de la sección química de la Unidad Operativa Cardenas, personal profesional de la Subgerencia de Ingeniería de la División Sur y por la Región Norte me toco a mi participar en esta prueba en el pozo escuela "Castaño", el cual se encuentra situado a 10 kilometros de la ciudad de Villahermosa Tabasco.

El pozo fué perforado a una profundidad de 750 metros con una tubería de revestimiento de 6 5/8" N-80, 24 lb/pie. Cementada a la misma profundidad, además se introdujo un aparejo (Figura14) consistente en:

Molino de 5 1/2"	=	0.14 metros
Combinación	=	1.53 metros
Lastrabarrenas 4 3/4"	=	104.68 metros
TP 3 1/2" HW	=	109.92 metros
TP 3 1/2" IF	=	503.58 metros
<u>Total</u>	=	<u>718.18 metros</u>

La sección química realizó varias pruebas con anterioridad para llegar a la formulación de este fluido espumoso, además probó el fluido con HCL al 15%, con aceite crudo al 20% y salmuera sódica con 30,000 ppm, siendo satisfactorias estas pruebas.

El día 20 de mayo de 1999 inició la prueba de este fluido para lo cual se prepararon 40 m<sup>3</sup> con la formulación siguiente:

Agua	1000 mililitros.
Alcalinizante	30 gramos.
Viscosificante	30 gramos/litro.
Agente de suspensión	30 gramos/litro.
Gelante	17.5 gramos/litro.
Espumante	3.0 %

Se determinó la reología a este fluido por medio de un viscosímetro Fann modelo 35<sup>a</sup>, Baroid resorte No. 4, sin haberle agregado espumante y nitrógeno obteniéndose los siguientes resultados:

Lectura 600 rpm	128 cps
Lectura 300 rpm	84 cps
Lectura 200 rpm	64 cps
Lectura 100 rpm	40 cps
Lectura 6 rpm	12 cps
Lectura 3 rpm	8 cps

Gel	8/16 lbx100/pie <sup>2</sup>
Viscosidad aparente	64 cps
Viscosidad plástica	44 cps
Punto de cedencia	40 lbx100/pie <sup>2</sup>
Filtrado	7.2 cm <sup>3</sup>
PH	11
% Sólidos	0.2 %
% Agua	98.0 %
Densidad	1.02 gramos/cm <sup>3</sup>
Viscosidad	120 segundos masch

El día 21 de mayo de 1999 el fluido fue transportado en pipas al pozo escuela y se realizaron las siguientes operaciones:

- Instaló medio árbol de válvulas.
- Se conectó la unidad de alta presión y la unidad de nitrógeno en una conexión tipo Y, el fluido llevaba el barafom y se le agregaba el nitrógeno, mezclándose ambos en la conexión.
- Se colocó un lubricador de la unidad de cable eléctrico en la válvula superior del 1/2 árbol.
- Calibró la tubería de 3 ½" con calibrador de 1 ¾" a 700 metros.
- Desplazó el agua del pozo por fluido espumoso ocupando 13 m<sup>3</sup> y los 27 m<sup>3</sup> restantes los desplazó a las tres presas del equipo, ocupando un volumen de 185 m<sup>3</sup> de nitrógeno.
- Los gastos manejados fueron los siguientes: del fluido 4 barriles/minuto, del nitrógeno 4.5 m<sup>3</sup>/minuto.

Consumo de nitrógeno del día 21 de mayo de 1999						
Inicia	termina	Tiempo min	M <sup>3</sup> N2/min	Presión (psi)	Vol. M <sup>3</sup> N2	Vol. acum. M <sup>3</sup>
14:45	15:00	15	30	1000	450	450
15:00	15:02	2	30	900	60	510
15:02	15:05	3	10	400	30	540
15:05	15:40	3	20	400	60	600
15:40	16:00	20	3	358	60	660
16:00	16:25	25	5	558	125	785

<b>Características del fluido al desplazamiento</b>		
<b>Número de muestra</b>	<b>Densidad gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Hora</b>
1	0.71	16:05
2	0.72	16:15
3	0.72	16:20
4	0.69	16:24
5	0.64	16:30

El día 22 de mayo de 1999 se realizaron las operaciones previas antes de iniciar a desplazar el fluido

- Instaló las unidades alta presión y cable eléctrico.
- Calibró la tubería de 3 ½" a 700 metros y tomó registro de presión de fondo
- Acondicionó el fluido agregándole espumante y 178 m<sup>3</sup> de nitrógeno circulando con la bomba del equipo con una presión de 400 psi.

<b>Características de las muestras tomadas el día 22 de mayo de 1999</b>		
<b>Número de muestra</b>	<b>Densidad gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Hora</b>
1	0.48	11:25
2	0.48	11:30
3	0.43	11:36
4	0.33	11:42
5	0.27	11:50
6	0.23	12:16
7	0.28	12:43
8	0.56	12:46
9	0.49	12:50
10	0.84	12:53
11	0.30	14:07
12	0.26	14:12

Observaciones obtenidas durante la primera prueba

- Un modulo de la bomba de lodos estaba vacío, se reparó el mismo, ya que la eficiencia de la bomba estaba en 34%.
- El fluido ya generado con espuma se filtró en forma normal en las mallas de las temblorinas.
- La formación de la espuma no fue de un volumen grande como normalmente se comporta, la circulación en las tres presas del fluido fue normal.
- Agitando el fluido en la presa de succión y de mezclado se liberaba el nitrógeno encapsulado.
- Después de observar el fluido en reposo en las tres presas a las 16 horas, quedo el peso en 0.85 gramos/cm<sup>3</sup>.
- El dato de cable eléctrico del día 21 de mayo de 1999 sobre la densidad del fluido del pozo=0.97 gramos/cm<sup>3</sup> y nivel=20 metros.

Reologías de diferentes muestras del día 22 de mayo de 1999													
No.	Dens gr/cm <sup>3</sup>	Hora	L <sub>600</sub> cps	L <sub>300</sub> cps	L <sub>200</sub> cps	L <sub>100</sub> cps	L <sub>6</sub> cps	L <sub>3</sub> cps	GEL lbx100/pie <sup>2</sup>	Va cps	Vp cps	Pc lbx100/pie <sup>2</sup>	Obs.
4	0.33	12:16	240	180	152	112	32	20	20/24	120	60	120	Con N <sub>2</sub>
7	0.28	12:43	152	120	112	76	40	16	16/28	76	40	72	Presa
10	0.84	12:53	120	88	72	48	12	8	8/16	60	32	56	Salida
11	0.30	14:07	112	88	68	56	16	12	16/24	56	24	64	Salida
12	0.26	14:12	172	128	100	68	16	12	12/28	86	44	84	

Consumo de nitrógeno del día 22 de mayo de 1999						
Inicia	termina	Tiempo min	M <sup>3</sup> N2/min	Presión (psi)	Vol. M <sup>3</sup> N2	Vol. acum. M <sup>3</sup>
11:25	11:35	10	5	590	50	50
11:35	11:45	10	6	598	60	110
11:40	11:55	10	5	595	50	160
11:55	11:58	3	6	598	18	178

El día 23 de mayo de 1999 siguió con la misma secuela operativa, las operaciones previas antes de iniciar a circular consistían en:

- Equipo de cable eléctrico tomaba registro de nivel y presión de fondo.

- El acondicionamiento del fluido en esta ocasión ocupó 160 m<sup>3</sup> de nitrógeno.
- Las muestras al finalizar la operación fueron sacadas con deficiencia en la bomba de lodos.

<b>Características de las muestras durante la operación</b>			
<b>Número muestra</b>	<b>Densidad gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Hora</b>	<b>Observaciones</b>
1	0.97	10:00	Entrada
2	0.87	13:23	Salida
3	0.56	13:32	Salida
4	0.26	13:38	Entrada
5	0.22	13:57	Salida
6	0.26	14:07	Salida
7	0.51	14:08	Entrada
8	0.54	14:15	Salida
9	0.38	14:25	Salida
10	0.23	14:30	Entrada
11	0.94	14:40	Salida
12	0.72	14:46	Entrada
13	0.79	14:58	Salida
14	0.81	15:00	Salida
15	0.25	15:02	Entrada
16	0.80	15:05	Salida

<b>Reologías de diferentes muestras del día 23 de mayo de 1999</b>													
<b>No.</b>	<b>Dens gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Hora</b>	<b>L<sub>600</sub> cps</b>	<b>L<sub>300</sub> cps</b>	<b>L<sub>200</sub> cps</b>	<b>L<sub>100</sub> cps</b>	<b>L<sub>6</sub> cps</b>	<b>L<sub>3</sub> cps</b>	<b>GEL lbx100/pie<sup>2</sup></b>	<b>V<sub>a</sub> cps</b>	<b>V<sub>p</sub> cps</b>	<b>P<sub>c</sub> lbx100/pie<sup>2</sup></b>	<b>Obs.</b>
1	0.97	10:00	112	72	56	36	12	8	8/8	56	36	40	Ent.
2	0.87	13:23	112	72	60	40	12	8	8/8	56	36	40	Sal.
4	0.26	13:38	232	172	136	136	20	12	12/20	116	60	112	Ent.
6	0.26	14:07	168	112	92	68	16	12	12/16	84	56	56	Sal.
15	0.25	15:02	48	40	32	24	8	8	8/16	24	8	32	Ent.
16	0.80	15:05	108	72	52	32	12	8	8/16	54	36	36	Sal.

<b>Consumo de nitrógeno del día 23 de mayo de 1999</b>						
<b>Inicia</b>	<b>termina</b>	<b>Tiempo min</b>	<b>M<sup>3</sup> N2/min</b>	<b>Presión (psi)</b>	<b>Vol. M<sup>3</sup> N2</b>	<b>Vol. acum. M<sup>3</sup></b>
13:20	13:30	10	5	636	50	50
13:30	13:40	10	6	636	60	110
13:40	13:50	10	5	440	50	160

El día 24 de mayo de 1999 se realizaron las siguientes operaciones previas a la circulación:

- Equipo de cable eléctrico tomó registro de nivel y de presión de fondo.
- Preparó el fluido de las presas levantando el PH de 8 a 11.
- Se agregó 100 litros de espumante al fluido de las presas.
- Reparó la bomba de lodos, cambiando empaques a la contratapa.
- El dato que tomó cable eléctrico de la densidad fue de 0.9 gramos/cm<sup>3</sup>.

<b>Características de las muestras durante la operación</b>			
<b>Número muestra</b>	<b>Densidad gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Hora</b>	<b>Observaciones</b>
1	0.85	11:40	Salida
2	0.69	11:55	Salida
3	0.79	12:00	Salida
4	0.81	12:05	Entrada
5	0.76	12:15	Salida
6	0.26	12:25	Salida
7	0.24	12:26	Salida
8	0.80	12:30	Entrada
9	0.45	12:40	Salida
10	0.51	12:42	Entrada
11	0.71	12:55	Salida
12	0.61	13:00	Entrada
13	0.65	13:15	Salida
14	0.76	13:25	Salida
15	0.66	13:28	Entrada

<b>Características de las muestras durante la operación</b>			
<b>Número muestra</b>	<b>Densidad gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Hora</b>	<b>Observaciones</b>
16	0.76	13:50	Entrada
17	0.74	13:55	Salida
18	0.67	14:08	Entrada
19	0.52	14:10	Salida
20	0.72	14:28	Salida
21	0.75	14:30	Entrada
22	0.56	14:40	Entrada
23	0.77	14:41	Salida
24	0.54	14:42	Entrada
25	0.77	14:45	Salida

<b>Reologías de diferentes muestras del día 24 de mayo de 1999</b>													
<b>No.</b>	<b>Dens gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Hora</b>	<b>L<sub>600</sub> cps</b>	<b>L<sub>300</sub> cps</b>	<b>L<sub>200</sub> cps</b>	<b>L<sub>100</sub> cps</b>	<b>L<sub>6</sub> cps</b>	<b>L<sub>3</sub> cps</b>	<b>GEL lbx100/pie<sup>2</sup></b>	<b>Va cps</b>	<b>Vp cps</b>	<b>Pc lbx100/pie<sup>2</sup></b>	<b>Obs.</b>
1	0.85	11:40	72	48	32	24	8	8	8/8	36	24	24	Sal.
7	0.24	12:26	224	168	144	100	24	16	16/16	112	56	112	Sal.
8	0.80	12:30	144	104	96	64	16	8	8/16	52	40	24	Ent.
10	0.51	12:42	192	140	112	72	16	12	12/28	96	52	88	Ent.
18	0.67	14:08	104	64	48	32	8	8	8/12	52	40	24	Ent.

<b>Consumo de nitrógeno del día 24 de mayo de 1999</b>						
<b>Inicia</b>	<b>termina</b>	<b>Tiempo min</b>	<b>M<sup>3</sup> N2/min</b>	<b>Presión (psi)</b>	<b>Vol. M<sup>3</sup> N2</b>	<b>Vol. acum. M<sup>3</sup></b>
12:05	12:15	10	3	340	30	30
12:15	12:25	10	3	399	30	60
14:00	14:07	7	3	248	21	81

El día 25 de mayo de 1999 se realizaron las siguientes operaciones previas a la circulación:

- El equipo de cable eléctrico tomó registro de presión de fondo y de nivel.



- El dato de cable eléctrico la densidad=0.92 gramos/cm<sup>3</sup> y el nivel=200 metros.
- Probó en laboratorio otra formulación porque duraba poco el encapsulamiento del nitrógeno ocupando los siguientes materiales:

Agua	1000 mililitros.
Alcalinizante	30 gramos.
Viscosificante	1.0 gramos/litro.
Agente de suspensión	30 gramos/litro.
Gelante	6.0 gramos/litro.
Espumante	3.0 %

- Se ocuparon 60 m<sup>3</sup> de nitrógeno para acondicionar el fluido nuevamente.
- En tres probetas de diferentes medidas probó con diferentes porcentajes de espumante quedando con el 3.0 % que fue el mejor y con 1.5 gramos de viscosificante.
- De acuerdo a estas pruebas del laboratorio se agregaron 800 litros de barafom al fluido y 100 libras de viscosificante en las presas del equipo.
- Se sacó reología a la muestra que mejor comportamiento tuvo en el laboratorio dando los siguientes resultados:

Lectura 600 rpm	190 cps
Lectura 300 rpm	128 cps
Lectura 200 rpm	103 cps
Lectura 100 rpm	70 cps
Lectura 6 rpm	14 cps
Lectura 3 rpm	10 cps
Gel	10/30 lbx100/pie <sup>2</sup>
Viscosidad aparente	95 cps
Viscosidad plástica	62 cps
Punto de cedencia	66 lbx100/pie <sup>2</sup>
Filtrado	5.6 cm <sup>3</sup>
Enjarre	0.1 cm

Características de las muestras durante la operación			
Número muestra	Densidad gr/cm <sup>3</sup>	Hora	Observaciones
1	0.76/0.75	12:35/12:35	Salida/Entrada
2	0.64/0.65	13:05/13:10	Salida/Entrada
3	0.56/0.65	13:20/13:21	Salida/Entrada
4	0.36	13:23	Salida
5	0.217	13:25	Salida
6	0.69	13:29	Entrada
7	0.62/0.28	13:30	Entrada/Salida
8	0.24/0.60	13:33/13:35	Salida/Entrada
9	0.32/0.61	13:36/13:39	Salida/Entrada
10	0.37/0.46	13:44/13:45	Salida/Entrada
11	0.42/0.61	13:46/13:47	Salida/Entrada
12	0.46/0.76	13:52/13:53	Salida/Entrada
13	0.41/0.61	13:58/13:59	Salida/Entrada
14	0.47/0.67	14:02/14:04	Salida/Entrada
15	0.44/0.68	14:11/14:13	Salida/Entrada
16	0.54/0.66	14:19/14:20	Salida/Entrada
17	0.52/0.54	14:25/14:26	Salida/Entrada
18	0.50/0.66	14:31/14:32	Salida/Entrada
19	0.59/0.47	14:39/14:40	Salida/Entrada
20	0.60/0.36	14:45/14:46	Salida/Entrada
21	0.63/0.45	14:50/14:54	Salida/Entrada
22	0.59/0.48	15:00	Salida/Entrada

Reologías de diferentes muestras del día 25 de mayo de 1999													
No.	Dens gr/cm <sup>3</sup>	Hora	L <sub>600</sub> cps	L <sub>300</sub> cps	L <sub>200</sub> cps	L <sub>100</sub> cps	L <sub>6</sub> cps	L <sub>3</sub> cps	GEL lbx100/pie <sup>2</sup>	Va cps	Vp cps	Pc lbx100/pie <sup>2</sup>	Obs.
2	0.64	13:05	248	168	140	96	16	12	12/20	124	80	88	Sal.
2	0.65	13:10	168	112	92	60	12	8	8/16	84	56	56	Ent.
14	0.47	14:02	180	160	120	88	20	16	16/20	90	20	140	Sal.
14	0.67	14:09	108	72	60	32	8	8	8/12	54	36	36	Ent.

22	0.59	15:00	168	96	72	48	12	8	8/16	84	72	24	Sal.
22	0.48	15:00	216	176	152	24	28	16	16/32	108	40	136	Ent.

Los días 26, 27 y 28 de mayo de 1999 continuaron con el mismo procedimiento de circular con la bomba de lodos Nacional-1000 de 6 ½" x 9 ¼" con algunas variantes en cuanto a:

- Ocupar aire en lugar de nitrógeno para aligerar el fluido de baja densidad.
- Cambió la velocidad en la bomba de lodos.
- Varió el trabajo de la centrifuga.
- Ocupó otro tipo de viscosificante.
- El dato de cable eléctrico del día 26 de mayo de 1999 la densidad=1.02 gramos/cm<sup>3</sup> y el nivel=100 metros.

### **III.- ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

#### **III.1. EN APAREJOS QUE LO PERMITAN, USAR TAPONES DE SAL EN GRANO PARA LAS CONVERSIONES DE BOMBEO MECÁNICO.**

Estos tapones de sal en grano son actualmente la única alternativa de solución de las cuatro planteadas para poder establecer circulación en pozos depresionados, mismos que no se han dejado de utilizar en los Distritos con este problema y de preferencia en pozos con aparejos sencillos fluyentes y otros como por ejemplo:

- Pozos con tubería de producción.
- Pozos con tubería de producción y empacador.
- Pozos con sistema artificial de bombeo neumático.

#### **Procedimiento para colocar tapones de sal de grano**

##### **Procedimiento por precipitación de sólidos (por circulación)**

- Calcular la cantidad de sal en grano necesaria para aislar el intervalo.
- Meter tubería franca 20 metros arriba del intervalo productor.
- Circular pozo estabilizando columnas.
- Efectuar platica previa con ITR, personal de operación, servicios a pozos y logística, para comentar el objetivo de la operación y las condiciones de seguridad.
- Instalar unidad de alta presión, embudo, y probar conexiones.
- Con unidad de alta presión y con auxilio de personal de operación, servicio a pozos y logística, bombear al pozo la mezcla fluido baja densidad más sal granular.
- Suspender el bombeo al terminar la cantidad de sacos calculados o al observar sal en grano en la línea de flote.
- Sacar tubería franca a la zapata, y esperar precipitación de sal de 6-8 horas.
- Sacar tubería franca a superficie.
- Armar molino y bajar a tocar cima de sal.
- Afinar cima objetivo o repetir operación en caso necesario hasta lograr la cima programada.

##### **Procedimiento regresando fluidos a la formación**

- Calcular la cantidad de sal en grano necesaria para aislar el intervalo.
- Meter tubería franca a la zapata.
- Efectuar platica previa con ITR, personal de operación, servicio a pozos y logística, y comentar la operación y las condiciones de seguridad.

- Instalar unidad de alta presión, embudo, y probar conexiones.
- Cerrar preventor, y abrir válvula lateral (espacio anular).
- Con unidad de alta presión y con auxilio de personal de operación, servicio a pozos y logística, bombear al pozo la mezcla fluido baja densidad más sal granular.
- Desplazar capacidad de la tubería con fluido baja densidad, cerrar válvula lateral (espacio anular), continuar bombeo de mezcla observando presiones.
- Abrir preventor y verificar circulación.
- Sacar tubería franca a superficie.
- Armar y bajar barrena y/o molino.
- Detectar y afinar cima de sal o repetir operación en caso necesario hasta lograr la cima objetivo

### **Cálculos necesarios para un tapón de sal**

- Calcular capacidad del intervalo por proteger, considerando diámetro y altura del agujero descubierto.

$$\text{Volumen} = d \times 0.5067 \text{ litros/metro}$$

$$d = \text{Diámetro del agujero en pulgadas}$$

$$0.5067 = \text{Factor}$$

- Volumen ocupado por la sal (litros/ saco).

$$V = 50 \text{ kg (saco de sal)} / 2.17 \text{ kg/l (den. de la sal)} = 23 \text{ litros/saco}$$

- Cantidad de sacos necesarios para cubrir el intervalo objetivo.

$$\text{Volumen del intervalo calculado (litros)} / 23 \text{ litros/saco} = \text{sacos}$$

- Considerar una relación de 2 sacos de sal por barril bombeado de fluido baja densidad (teórico), para transportar la sal en grano.

- Barriles necesarios para transportar la sal en grano.

$$\text{Sacos necesarios} / 2 = \text{barriles necesarios.}$$

**Nota:** en la mayoría de las operaciones se considera hasta un 50 % mas de sal en grano de la cantidad de sacos necesarios calculados, esto seria tomando en consideración la intensidad de las fracturas naturales.

### **III.2. EN APAREJOS DEFINITIVOS DE BOMBEO MECÁNICO, USAR UNA VÁLVULA DE PIE Y OTROS ACCESORIOS, PARA CIRCULAR Y CORREGIR PROBLEMAS EXISTENTES.**

Respecto a esta alternativa de solución para resolver problemas de control de pozos depresionados de usar una válvula de pie, consiste en que después de convertir los pozos a sistema artificial de bombeo mecánico, mencionados en los ejemplos de la alternativa anterior, el aparejo definitivo que se meta ya debe de ir preparado con los accesorios para que en las próximas intervenciones se pueda establecer circulación con cualquier fluido de control que se utilice, es decir, que en el aparejo se coloque un niple de asiento con válvula de pie a la altura del empacador, para que a través del niple ventana que se localizará entre la bomba y el empacador, se pueda establecer circulación inversa que nos permitirá desalojar el aceite y gas del pozo, quedando el mismo lleno de fluido de control que permitirá realizar las operaciones con seguridad, sin riesgos de provocar engasamientos al personal del equipo de reparación de pozos.

En el año de 1997 se realizaron una primera etapa de conversiones al sistema artificial de bombeo mecánico a 42 pozos del Distrito Poza Rica, los cuales se quedaron preparados con este aparejo, se menciona el ejemplo de dos de ellos, el pozo Presidente Alemán 150, el cual se convirtió a sistema artificial de bombeo mecánico del 27 de noviembre al 7 de diciembre de 1997, realizando la conversión en 11 días. Actualmente a este mismo pozo se le acaba de realizar el primer reacondicionamiento de bombeo mecánico, debido a la desconexión de la varilla de acuerdo a registros previos a esta intervención.

La reparación del pozo se realizó en 7 días y a continuación se presenta la secuela operativa.

- Del 22 al 24 de febrero de 1999 se transportó e instaló el equipo 100%.
- El 25 de febrero de 1999 probó las conexiones superficiales de control, depresionó y controló el pozo con salmuera sódica de 1.01 gramos/cm<sup>3</sup>, instaló preventor para varillas, recupero todas las varillas, sin la bomba subsuperficial.
- El 26 de febrero de 1999 instaló preventor para tubería, equipo de línea de acero perforó la tubería a 2464 metros y recuperó el aparejo de bombeo mecánico, con la bomba subsuperficial que estaba de pescado.
- El día 27 de febrero de 1999 lavo el pozo con fluido de baja densidad de 0.86 x 120 segundos e inicia a introducir el aparejo de bombeo mecánico a 489 metros.
- El día 28 de febrero de 1999 terminó de introducir la tubería con los accesorios de bombeo mecánico y también introdujo la bomba subsuperficial con las varillas, realizó el ajuste, probó la bomba satisfactoriamente, realizó la prueba de producción positiva, desmantelando el equipo 100%.

Como se aprecia en las operaciones realizadas, se emplearon 3 días para transportar e instalar equipo 100%, de acuerdo a estadísticas estos equipos

normalmente se mueven en un día, contando con el número apropiado de unidades de logística y a una distancia promedio. Por otra parte las operaciones para reparar el pozo ocuparon 4 días (incluye la operación de perforar la tubería), lo importante que hay que resaltar es que el pozo fue controlado en forma adecuada, ya que el aparejo contaba con la válvula de pie la cual se incluyó para que el pozo se llenara de fluido de control desde el niple ventana hasta la superficie, con esto desalojaría todo el gas y aceite. En el siguiente estado mecánico del pozo Presidente Alemán 150 (Figura 5), se presenta como estaba el aparejo y como se dejó para la próxima reparación.

Otro pozo de los 42 que se convirtieron al sistema artificial de bombeo mecánico en el año de 1997 y que también se preparó en forma muy similar al pozo Presidente Alemán 150, para que las futuras reparaciones se realizaran con seguridad, fue el Presidente Alemán 2 (Figura 6) el cual se intervino en su primer reacondicionamiento de bombeo mecánico del 28 de abril al 4 de mayo de 1999, empleando en total 7 días en la reparación y las operaciones realizadas se describen a continuación.

- Del 28 al 30 de abril de 1999 se transportó e instaló el equipo 100%
- El 1 de mayo de 1999 probó las conexiones superficiales de control, depresionó y controló el pozo con salmuera sódica de 1.01 gramos/cm<sup>3</sup>, instaló preventor para varillas, e inicia a sacar la bomba con las varillas de succión a 2379 metros.
- El 2 de mayo de 1999 recuperó todas las varillas con la bomba superficial, circuló el pozo con salmuera sódica de 1.01 gramos/cm<sup>3</sup>, instaló preventor para tubería y probó el mismo satisfactoriamente, recuperó aparejo de bombeo mecánico e inicia a meter aparejo lavador a 762 metros.
- El 3 de mayo de 1999 metió aparejo lavador a 2672 metros y con fluido de baja densidad de 0.86 gramos/cm<sup>3</sup> x 130 segundos mach, lavó pozo, desplazó este fluido por salmuera sódica de 1.01 gramos/cm<sup>3</sup>, recuperó aparejo lavador y metió aparejo de bombeo mecánico a 2672 metros.
- El 4 de mayo efectuó ajuste a 2672 m, metió bomba y varillas a 2503 m, fijó la bomba y probó la misma satisfactoriamente, efectuó prueba producción positiva y desmanteló equipo 100%

Como se observa la secuela operativa es muy idéntica a la del pozo Presidente Alemán 150, las variantes de uno y otro pozo fueron en que no se perforó la tubería y que por haber localizado sedimento en la bomba que se recuperó, se modificó el diseño original ya que se requirió agregarle al aparejo los filtros Pumpgard con la finalidad de proteger la bomba, por lo demás se dejó nuevamente el pozo con empacador y su respectiva válvula de pie tal y como se encontraba originalmente ya que esto permitirá circular y controlar el pozo en la siguiente reparación.

Con los estados mecánicos que se presentan de los pozos Presidente Alemán 2 en la (Figura 6) así como también el del pozo Presidente Alemán 150 mostrado en la (Figura 5) y en los cuales se presentan los accesorios del aparejo de bombeo

mecánico, se quiere indicar que en los futuros controles de estos pozos el fluido que se utilice para tal fin será forzado a entrar por el niple ventana y hacerlo circular de tubería de revestimiento a tubería de producción, logrando con esto que el gas y el aceite del pozo sean desalojados y el pozo quede lleno de fluido de control, esto es posible ya que el haber colocado el niple de asiento con la válvula de pie arriba del empacador impide que el fluido de control se pierda en la formación cuando la presión de fondo no soporte la columna hidrostática generada por el mismo.

## **Otros accesorios que se utilizan para resolver problemas.**

En cuanto a colocar otros accesorios para resolver problemas que de alguna manera afectan al control de pozos depresionados con sistema artificial de bombeo mecánico, se mencionan algunos que se presentan y las soluciones que paralelamente se han ido implementando a los mismos.

### **Alta relación gas-aceite**

La presencia de gas en el bombeo mecánico es el problema más fuerte que se tiene en el Distrito Poza Rica, ya que por ser yacimientos depresionados se presentan altas relaciones gas-aceite (R. G. A.), las cuales últimamente han tenido un aumento significativo (de  $150 \text{ m}^3/\text{m}^3$  a  $300 \text{ m}^3/\text{m}^3$  y en algunos casos hasta a más de  $500 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ).

Para solucionar los problemas generados por el gas, desde la implantación del sistema se han tenido que implementar y mejorar diversos accesorios, diseños y procedimientos, que de acuerdo al estado mecánico y características del pozo nos permiten explotarlo de manera eficiente.

### **Válvulas anticandado de gas**

Las válvulas anticandado de gas fueron de los primeros accesorios que se emplearon para eficientar el bombeo mecánico.

**Válvulas de accionamiento hidráulico:** para eliminar la interferencia de válvulas y los candados de gas en la bomba, se introdujo el uso de la válvula CHARGER 927, la cual permite que el gas atrapado en la bomba, sea desalojado por la columna de fluido cuando el pistón se encuentra en el punto inferior de la carrera.

El éxito alcanzado con el uso de esta válvula permitió la explotación de los pozos con R. G. A. Menor de  $200 \text{ m}^3/\text{m}^3$ , razón por la cual se integro a todas las bombas adquiridas y usadas en el Distrito; con el incremento del gas (R. G. A.  $> 300 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ) se rebasó su capacidad de manejo, por lo que se implemento aunado a la válvula CHARGER 927 el uso de separadores, los cuales permitieron operar los pozos con mayor eficiencia (Figura 7).

**Válvulas de accionamiento mecánico:** con la introducción del bombeo mecánico en pozos con R. G. A. Mayores de 600, fue necesario emplear nuevas válvulas para romper candados de gas (anticandado), las cuales



substituyeron en la bomba a la válvula viajera convencional, la característica principal de estas nuevas válvulas, a diferencia de las convencionales, es que son accionadas mecánicamente por la sarta de varillas o algún aditamento integrado a la bomba, esto hace que con cada embolada la válvula se abra sin importar que exista únicamente gas en la bomba, hasta la fecha las 2 últimas válvulas (PETROVALVE y SIDEKICKER) han arrojado buenos resultados en sus pruebas.

### **Separadores de gas**

Cuando se tienen altas relaciones gas–aceite para eficientar el bombeo, es necesario separar el gas y direccionarlo a la tubería de revestimiento antes de que entre en la bomba, para lograr lo anterior, se instalaron separadores de fondo (anclas de gas) en el aparejo de bombeo mecánico.

A lo largo del tiempo estos separadores se han adecuado a la existencia de material: así como, a las necesidades de los pozos, y debido a los buenos resultados han tenido un gran desarrollo.

**Separadores Naturales:** los primeros separadores utilizados fueron los que se implementaron con la misma tubería, colocando el extremo de esta por debajo de los intervalos y se les dio el nombre de naturales, su limitante principal surge cuando se tiene problemas mecánicos (pescados) o el pozo tiene baja presión y es necesario instalar un empacador.

**Separadores Modificados:** El siguiente paso fue construir un separador de gas que permitiera la explotación de los pozos depresionados o con pescado, el primero fue el tipo GUIBERSON, el cual direcciona el flujo del pozo arriba del nivel dinámico a través de una tubería de 1" de diámetro flejada a la tubería de producción, su funcionamiento fue satisfactorio, pero por su diseño, generaron pescados difíciles de recuperar al reacondicionar los pozos, lo que propicio que dejaran de utilizarse; por este motivo se diseñó el separador tipo HECHIZO, que no cuenta con parte externas flejadas, el único inconveniente es que por sus dimensiones no puede utilizarse en pozos con tuberías de revestimiento de 4 ½ ".

**Separadores integrados con la bomba:** con la adquisición de un adaptador mecánico para las bombas de inserción, se pudo adicionar en su parte inferior un tramo de tubería de 5m x 1" de diámetro, que permitió elaborar un nuevo separador DE ADAPTADOR con la misma tubería de producción utilizada en el pozo, esto eliminó el problema del diámetro exterior excesivo, y permitió que las bombas se instalaran a profundidades mayores.

Actualmente el uso de separadores de fondo se ha generalizado en pozos donde la R.G.A. es superior a 300 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, permitiéndonos operar estos pozos con alta eficiencia.

### **Controladores de velocidad**

En pozos con una alta R.G.A. aún con la aplicación de los anteriores accesorios, es necesario que se modifiquen las condiciones de explotación (carrera y emboladas por minuto) disminuyendo al máximo la velocidad de bombeo y aumentando la carrera de la Unidad para contrarrestar el decremento de producción. El tipo y capacidad de las Unidades de bombeo existentes limita en muchos casos la reducción de la velocidad de bombeo a los valores mínimos requeridos, evitando que se obtengan los resultados deseados.

### **Motores de Velocidad Variable**

Estos motores permiten mantener un control estricto de la velocidad de bombeo de acuerdo al requerimiento del pozo, pudiendo reducirse o aumentarse con el solo movimiento de las perillas de selección, además una de sus innovaciones es la de permitir el control por separado de la velocidad ascendente y descendente, la cual en los pozos con alta R.G.A. debe ser lenta y rápida respectivamente, lo anterior permite un llenado más efectivo de la bomba y por consiguiente un aumento en su eficiencia.

Un inconveniente de este equipo es su alto costo, además de que requiere mayor supervisión que los motores convencionales (Figura 8).

### **Reductores de velocidad**

Son equipos simples probados recientemente, constan de un juego de poleas variables que nos permiten controlar la velocidad de bombeo obtenido hasta 2 epm sin forzar la Unidad; son de fácil montaje no requieren supervisión constante y su mantenimiento es mínimo.

Las ventajas adicionales al mejoramiento de la eficiencia, son: su bajo costo (1/3 del costo de los motores de velocidad variable), el ahorro de energía, y la reducción del tamaño del motor eléctrico utilizado (de tamaño IV a tamaño III o menos) (Figura 9)

### **Compresores de gas, de la tubería de revestimiento.**

Aun cuando con los accesorios antes mencionados se logra una separación eficiente de gas en el fondo del aparejo, los problemas originados por éste no se resuelven, ya que su acumulación en el espacio anular entre la tubería de producción y la tubería de revestimiento, provoca un incremento en la contrapresión a la formación que restringe el flujo de fluidos y fuerza al gas a entrar a la tubería de producción, ocasionado nuevamente una baja eficiencia de bombeo; anteriormente la forma más sencilla y económica de eliminar este gas era desfogarlo a la atmósfera y quemarlo, pero con la aplicación de las normas ecológicas esta práctica dejó de realizarse.

Para desalojar el gas acumulado en el espacio anular, se probó un compresor de gas (Figura 10) accionado por la viga viajera de la Unidad de Bombeo Mecánico, por medio del cual se succiona el gas del espacio anular, se comprime y se inyecta a la línea de descarga, disminuyendo con esto la

contrapresión a la formación y aligerando la columna de fluido de la línea de descarga, además se disminuye la entrada de gas en la bomba, al permitir que el gas libre se desplace en el espacio anular con la ayuda del compresor.

Las ventajas que se obtiene con la instalación de este equipo son:

- Reducción de problemas generados por el gas (candado de gas).
- Incremento de producción de aceite.
- Eliminación de la contaminación generada al quemar el gas.
- Aprovechamiento de la totalidad del gas producido.

### **Modificación de condiciones de explotación**

Aún con la aplicación de los equipos y/o herramientas anteriores, es necesario implementar procedimientos de explotación fuera de lo tradicional, que en algunos casos se contraponen a los principios de explotación con sistemas artificiales de producción, uno de estos procedimientos aplicados en pozos con alta R.G.A., es estrangular la descarga del pozo, lo cual nos permite mantener represionada la tubería de producción en una presión estable de 10 a 20 kg/ cm<sup>2</sup> de acuerdo a la necesidad del pozo, esto evita que el gas se disgregue al pasar por la bomba (por la diferencia de presión que se crea durante el bombeo) y se generan candados de gas que afectan la eficiencia de la bomba.

Para aplicar lo anterior es necesario que los accesorios superficiales de control se encuentren en buen estado, y se realicen pruebas hasta determinar la presión óptima de trabajo.

### **Sedimento**

La segunda causa de fallas en los aparejos de bombeo mecánico, es la presencia de sedimento en las bombas, en algunos campos esta situación se agrava por producir aceite viscoso, el cual origina que se arrastre mayor cantidad de finos y se provoque una cantidad mayor de fallas, los casos más trascendentales se presentan en pozos que deben fracturarse para permitir su explotación, tales como los pozos del campo Tajín que actualmente operan con eficiencias menores del 30%.

Para superar esto, se han realizado pruebas para el control de arena y finos de formación, desde el momento mismo en que se fracturan los pozos, utilizándose arenas resinadas, (sin mucho éxito), y más recientemente diseños de fractura para alcanzar la multicapa en la cara de ésta, la aplicación de esta técnica de fracturamiento arrojó buenos resultados en el control de arena, no así con los finos de formación, los cuales siguieron provocando fallas.

Debido al éxito obtenido en los yacimientos de la zona sur en el control de sedimentos, se realizaron dos pruebas con cedazos engravados en dos pozos del campo Tajín, utilizando la técnica y la arena recomendadas; sin embargo por el

diámetro de los finos de formación y la cantidad de estos únicamente se retuvo la aportación de arena.

### **Filtros para arena**

La necesidad de controlar los finos originó que se realizarán pruebas con filtros para arena "STANLEY", los cuales se instalaron en el extremo de la tubería de producción, sin embargo el resultado no fue del todo satisfactorio, pues a pesar de haber superado el periodo de pruebas, se detectó que la contención de finos no fue muy efectiva, además de que el material sintético con que estaba construido sufrió demasiado daño.

Por los resultados de la prueba, se busco un filtro con las siguientes características.

- Que fuera de material resistente y durable.
- Capacidad para retener finos de formación de hasta 8 micrones.
- Manejo de diferentes producciones.
- Que se pudiera introducir con la bomba.

El filtro que reunió todos los requisitos fue el PUMPGARD (Figura 11), construido en acero inoxidable con filtrado de hasta 5 micrones, y diseño modular para manejar diversos gastos y capacidad para conectarse a cualquier tipo de bomba (incluyendo las de anclaje mecánico inferior que actualmente se utilizan en Poza Rica). Durante el presente año se ha introducido en pozos con alta producción de arena y sedimento permitiendo profundizar la bomba y colocarla frente al intervalo (en algunos casos hasta 200 metros desde el punto en que se colocaban anteriormente), dando como resultado, una disminución de problemas y aumentos de producciones que fluctúan desde 25 bl/d hasta 75 bl/d.

### **Desviación de los Pozos**

Cuando los pozos son desviados la sarta de varillas esta sometida a fuertes fricciones con la tubería, estas fricciones llegan a desgastar los coples de las varillas en tiempos que fluctúan entre uno a dos años, además de que se ocasionan sobre esfuerzos en el equipo, y vibraciones en la bomba que evitan que las válvulas sellen apropiadamente y se pierda parte del fluido desplazado.

Al agudizarse los problemas de gas y abatirse los niveles de fluido, fue necesario profundizar los puntos de bombeo, incrementando con esto los problemas originados por la desviación, por lo que para contrarrestarlos se modificó primeramente la operación de las Unidades de Bombeo, disminuyendo al máximo posible las emboladas por minuto; posteriormente se introdujo el uso de CENTRADORES DE RODILLOS, los cuales disminuyeron la fricción y el golpeteo entre la sarta de varillas y la tubería de producción, incrementando además el desplazamiento efectivo de la bomba.

Actualmente se preparan pruebas para introducir centradores de plásticos integrados a las varillas de succión con un costo mas bajo que los centradores de rodillos.

## **Fluido Viscoso**

Cuando el fluido producido es de una viscosidad del orden de 60 cp medidas a condiciones de yacimiento el desplazamiento del pistón en la bomba se torna difícil, debido a que la sarta de varillas tiende a flotar y se requiere mayor esfuerzo para el desplazamiento de aceite a la superficie.

La innovación en este renglón fue la prueba de un sistema llamado “BOMBA CALIENTE” el cual disminuye la viscosidad del aceite al calentarlo en un punto inferior a la bomba, esto se logra colocando una resistencia que es alimentada por un cable eléctrico que pasa a través de una sarta de varillas huecas, la energía eléctrica es regulada en un centro de control de acuerdo a los requerimientos del pozo.

La prueba realizada en el campo Copal con aceite de 61 cp medida a condiciones de temperatura de yacimiento resultó satisfactoria, ampliando la posibilidad de mejorar el bombeo mecánico en campos con viscosidades altas; el problema detectado fue el refaccionamiento para éste equipo, ya que su origen es chino y no se tiene un suministro rápido y oportuno para corregir fallas tanto en el aparejo subsuperficial como en el equipo de generación y control.

## **Baja presión de fondo**

Dentro de los yacimientos del área Poza Rica, existen pozos con bajas presiones de fondo, tales que no soportan una columna de kerosina o diesel, esto ocasiona que las operaciones de limpieza o desgasamiento de los aparejos de bombeo mecánico, al ser bombeado el fluido, en lugar de circular a través de la bomba se pierde en la formación sin obtener los resultados esperados. La sustitución del ancla mecánica por un empacador con válvula de pie y un niple de circulación sobre ellos, forzó la circulación de la kerosina a través de la bomba, solucionando con esto el problema existente (en las tablas 1 y 2 se muestran todos estos problemas y las herramientas utilizadas para solucionarlos).

## **Otras Acciones**

### **Sistema de monitoreo para Unidades de Bombeo Mecánico.**

La implementación de un sistema automatizado de supervisión y control es una de las últimas acciones que se están implementando para optimizar la explotación de los pozos con sistema de bombeo mecánico, lo que permitirá obtener en tiempo real el comportamiento del pozo desde la oficina de control, monitoreando velocidad de bombeo, carrera de la Unidad y carga de la bomba, que nos arrojará como resultado:

### **Incremento de producción.**

- Al detectar pozos factibles de incrementar producción por operar con niveles de fluidos altos (por tener diámetros de bomba, condiciones de operación menores a las requeridas por el pozo).
- Al eficientar el bombeo, y disminuir los tiempos de paro de las Unidades.

#### **Ahorro de costos.**

- Al operar los pozos sólo cuando tengan nivel.
- Reducir tiempo y/o personal al revisar solo los pozos que presentan falla.
- Reducción de mantenimiento al disminuir los problemas provocados por golpe de fluido, y/o candado de gas y sobre esfuerzos a la sarta.

#### **Control más efectivo.**

- Al detenerse la Unidad automáticamente en caso de siniestro, asegurando mayor protección ecológica y poblacional.
- Menor tiempo de producción diferida al detectar inmediatamente la falla.
- Protección del equipo al detectarse la Unidad por operar en rangos inadecuados o existir fugas en el estopero o líneas de descarga.

### **III.3. PROBAR BLOQUEADORES TEMPORALES EN POZOS QUE LO REQUIERAN**

Respecto de las operaciones realizadas en la prueba tecnológica del producto "Clean Plug" probado los días 22 y 27 de julio en los pozos Poza Rica 344 y 296 (Figuras 12 y 13) respectivamente se tiene las siguientes observaciones.

#### **Revisión de Pozos Candidatos**

	<b>Pozo</b>	<b>Pozo</b>
Datos	Poza Rica 344	Poza Rica 296
Nivel de fluido	1078 m	560 m
Intervalo productor	2247-2263 m	2306-2320 m
Temperatura Fondo	195 °F	195°F
Volumen desplazamiento	95 bls	180 bls
Volumen de Gelatina	6 bls	10 bls

#### **Informe trabajo en pozo Poza Rica 344**

- Se probaron agua de tratamiento del tanque, de la pipa y de la unidad de alta en campo y en laboratorio acondicionando el PH a 3.8
- Se revisó estado mecánico y determinaron volúmenes de tratamiento, se estimó hidrostática en 1425 psi con nivel a 1078 metros y densidad promedio de la mezcla del pozo de 0.923 gr/cm<sup>3</sup>
- Se preparó Salmuera con 2% de K CL, se prepararon 12 barriles de Espaciador, 10 barriles de Clean Plug y se activó controlando el PH en 3.8
- Prueba de líneas y reunión de trabajo con el personal que participó en la prueba.
- Se inicia bombeo de acuerdo a programa.

## **Programa de Bombeo**

- Bombeo 6 barriles de espaciador de 2% K CL con 0.2% Inflo 100 a un gasto de 6 barriles/minuto.
- Bombeo 6 barriles de Clean Plug de los 10 preparados a un gasto 5 barriles/minuto.
- Bombeo de 6 barriles de Espaciador a un gasto 5 barriles/minuto.
- Bombeo de 76 barriles diesel de densidad=0.81 gramos/cm<sup>3</sup> a un gasto 5 barriles/minuto.
- Bombeo de 7 barriles diesel a un gasto de 1 barril/minuto.
- Durante hora y media esperó viscosidad tapón y a que decantara por gravedad a las perforaciones.
- Se inicia a llenar pozo con 14.9 m<sup>3</sup> de diesel.
- Se observa en Unidad de Alta al final llenado ligera disminución de succión.
- Se abre el pozo para tomar nivel no funcionando el registro y se escucha que el pozo succiona fuertemente.
- Se decide bombear 8 m<sup>3</sup> de diesel observando que no levantaba presión y se para esta prueba en espera de tener datos de nivel de fluido en el espacio anular.

## **Observaciones de primera prueba**

- Pozos candidatos revisados y programados con tiempo suficiente. Con datos recientes y más precisos posibles.
- En pozos muy depresionados conviene tener más margen del extremo de la tubería a la cima del intervalo productor permitiendo programar exceso de Clean Plug.
- El mínimo tiempo recomendado en pozos de temperatura de 200 °F y sin usar rompedor es de 24 horas para ponerlo a producir nuevamente.

## **Informe de trabajo del Poza Rica 296**

- para Se volvió a tomar registro ecómetro del Pozo Poza Rica 296, ya que el que paso de dato el activo originalmente fue de 560 metros y este nuevo registro lo tomó la compañía Oil Patch el día 23/julio/1999 con deficiencias determinando el nivel a 1453 metros o sea 893 metros más abajo.
- Se diseño nueva prueba para una hidrostática de 1096 psi, utilizando 10 barriles de Espaciador, 10 barriles de Clean Plug, 10 barriles de Espaciador y desplazamiento con 51 barriles de diesel.
- Se decidió correr nivel nuevamente antes de la prueba el día 27/julio/1999 y en esta ocasión la compañía Oil Patch lo determinó a 1260 metros o sea 193 metros menor al anterior, lo cual representaba un aumento de desplazamiento posicionar el Clean Plug de 18 barriles, sin embargo debido

a dudas por este nuevo cambio se decidió solo aumentar el desplazamiento en 6 barriles para un total de 57 barriles de diesel.

### **Programa de Bombeo**

- Se inició el bombeo de 10 barriles de Espaciador a 1 barril por minuto a las 14:25 horas.
- Bombeo 10 barriles de Clean Plug a 5 barriles por minuto a las 14:30 horas.
- Bombeo 10 barriles de Espaciador a 5 barriles por minuto.
- Bombeo 57 barriles de diesel (30 barriles a 5 bls/min, 20 barriles a 4 bls/min Y 7 barriles a 1 bls/min) terminando a las 15:00 horas.
- Se espera una hora y media para darle tiempo al Clean Plug de reaccionar con la temperatura de fondo.
- Se reinicia bombeo a las 16:30 horas con diesel para llenar el pozo, observándose una ligera contrapresión bombeando 115 barriles de diesel.
- Después de bombeados 70 barriles el pozo entra en vacío hasta terminar, se deja de bombear y se observa succión disminuyendo paulatinamente de 2 bls/min, 1.5 y 1 bls/min.
- Se espera para tomar nuevamente un ecómetro determinando el nivel a 1487 metros, concluyendo la prueba.

### **Observaciones de segunda prueba**

- Debido a imprecisiones en nivel de fluido la hidrostática inicial no se puede determinar con exactitud, haciendo nuevamente sobredesplazamientos.
- Se requiere datos recientes de temperatura, presión de fondo, porosidad etc. Ya que en pozos tan depresionados donde se pretende levantar columnas de más de 1000 metros se requieren datos precisos para un mejor diseño (de preferencia en un pozo libre por la tubería de producción).
- Se deben prever repeticiones del tapón en un mismo pozo, experiencias pasadas han necesitado más de un tapón para el completo restablecimiento de circulación.
- La compañía BJ se compromete a revisar el tapón a condiciones de presión y temperatura de pozo para verificar su comportamiento.
- También se revisará casos actuales para ver pozos similares y resultados.
- De estos estudios se harán recomendaciones a Petróleos Mexicanos para nuevas aplicaciones.



### **III.4. PROBAR FLUIDOS CON DENSIDADES MENORES DE 0.86 gramos/cm<sup>3</sup>, ACTUALMENTE EN EXPERIMENTACIÓN CON LA FINALIDAD DE ESTABLECER CIRCULACIÓN**

Respecto a la prueba tecnológica realizada en el pozo escuela "castaño" del día 20 al 26 de mayo de 1999 se pudo observar lo siguiente:

- Que el comportamiento que se tuvo con el fluido de control fue diferente a como se comporta una espuma, ya que esta tiende a formar volúmenes grandes y aparatosos sobre las presas donde se está generando, al grado que si no existe coordinación en el bombeo de la espuma esta tenderá a salirse de las presas, en esta prueba el fluido generó un volumen extra al mezclarse los 40 m<sup>3</sup> de líquido con los 185 m<sup>3</sup> de nitrógeno, pero en una forma normal ya que se pudo observar que todo el nitrógeno se encontraba encapsulado en el líquido, de tal manera que se observaban burbujas pequeñas integradas al volumen del líquido y cuando se quería comprobar lo anterior, se procedía a pesar el fluido y se daba cuenta uno que realmente el nitrógeno se encontraba mezclado en el fluido de control.
- Durante el tiempo que se ocuparon estos 40 m<sup>3</sup> de fluido de control, diariamente se estuvo muestreando el mismo, para observar las variaciones a las características originales a como se preparó este, y de todas estas muestras a varias de ellas se sacaron datos de reología por medio del viscosímetro Fann Modelo 35 (con resorte No 4) y el comportamiento mas se asemejaba a un líquido que a un gas, ya que algunas de estas muestras llegaron a pesar hasta 0.22 gramos/cm<sup>3</sup>.
- Otra observación que se tuvo de este fluido fue que después de dejar en reposo el líquido todo el día, este por lógica volvía a recuperar peso no al grado de llegar a las condiciones originales, pero andaba por el orden de 0.85 a 0.95 gramos/cm<sup>3</sup> de tal manera que antes de iniciar la operación del día, primeramente había que volver a acondicionar los 40 m<sup>3</sup> de líquido inyectándole mas nitrógeno hasta tener las condiciones óptimas de circulación. Esto es importante ya que en los pozos que se estén reparando es necesario si se quiere circular con la herramienta en el fondo, primeramente hay que tener este fluido en condiciones de hacerlo.
- Este mismo fluido se acaba de probar en el Distrito Agua Dulce en el pozo "Lacamango No 23", el cual trabaja con sistema artificial de bombeo neumático, este fluido se bajo su densidad con aire llegando a tener una densidad promedio de 0.80 gramos/cm<sup>3</sup>, ya que la prueba consistía en moler 5 metros lineales de cemento dentro de una tubería de revestimiento de 6 5/8" y como anteriormente se ha observado en las reologías obtenidas a varias muestras las características que se obtuvieron son muy adecuadas para este tipo de operaciones, no se decidió bajar mas la densidad por problemas en las conexiones superficiales ya que tendía a tirarse este fluido.
- Lo realizado a la fecha da una idea que es conveniente seguir con las pruebas de este fluido hasta llegar a parámetros óptimos y los cuales podrán

traer beneficios para la reparación de pozos que requieran densidades menores de 0.86 gramos/cm<sup>3</sup>.

## CONCLUSIONES

- 1) Los procedimientos establecidos en 1987 omiten el paso del control del pozo y se van directo a las siguientes operaciones subsecuentes, tan es así que después de haber efectuado una serie de operaciones, mencionan el paso de tomar un registro de presión de fondo, así como también en el caso de lavar el pozo con fluido (espuma), no consideran la posibilidad de que algunos pozos después de haberles realizado prácticamente una inducción ya que utilizan nitrógeno para lavarlos, reaccionarán de tal forma que hay que controlar los mismos para poder realizar las siguientes operaciones.
- 2) Respecto a los procedimientos establecidos en 1997, hacen demasiado énfasis en los métodos de control, que de acuerdo a las características de cada pozo se requerirá para poderlo intervenir. Pero el procedimiento para controlar el pozo es único, ya que para el caso del bombeo mecánico se efectúa en forma inversa y el método de control que más se asemeja a este procedimiento, es el de regresar fluidos a la formación equilibrando la presión de fondo y el otro caso sería el del control primario en la cual se conoce la presión de formación y se calcula la densidad de equilibrio del fluido por utilizar.
- 3) Actualmente los fluidos que se ocupan para controlar este tipo de pozos, tienen una densidad mínima de  $0.86 \text{ gr/cm}^3$  y no necesariamente los pozos quedaran adecuadamente controlados, ya que como se ha venido mencionando, en la mayoría de los casos este fluido se pierde por la baja presión de fondo y las gasificaciones continúan por la alta R.G.A.
- 4) Por lo tanto se requiere buscar otras alternativas para realizar con más seguridad estas operaciones. Respecto a la alternativa de emplear tapones de sal de grano, se puede utilizar en todos aquellos pozos que se vayan a convertir al sistema de bombeo mecánico y que su estado mecánico lo permita, sin importar la presión de fondo, ya que la sal en grano actuará como un tapón mecánico removible por la tubería flexible al término de los accesorios de bombeo mecánico.
- 5) Respecto a la alternativa de emplear válvulas de pie en los pozos que se conviertan a bombeo mecánico, como en los ejemplos mencionados de los pozos Presidente Alemán 150 y Presidente Alemán 2, no queda duda de la necesidad de hacerlo, sobre todo en aquellos pozos en los cuales se conjugan un bajo nivel de fluido con una alta R.G.A.

## RECOMENDACIONES

1. Respecto a los bloqueadores temporales (gelatinas), utilizadas en forma de fluido y que reaccionan con la temperatura de fondo, como se mencionó en las ventajas del producto "Clean Plug Gel", ya fue probado en otros países y de funcionar en distrito de Poza Rica en el futuro resolverá los problemas referentes al control y a la pérdida de circulación.
2. En cuanto al empleo del fluido de control actualmente en experimentación en la Región Sur de  $0.5 \text{ gramos/cm}^3$ , representa una solución para controlar todos aquellos pozos en los cuales la presión de fondo de los mismos, requerirá de densidades que fluctuarán de  $0.22$  a  $0.85 \text{ gramos/cm}^3$  porque ya existen fluidos de control de  $0.86 \text{ gramos/cm}^3$  en adelante, con esto se realizará el control primario en forma correcta.
3. Cada pozo tenderá a comportarse en forma muy particular, pero es un hecho que los problemas que se presenten inherentes al control de los mismos, deberán de ser solucionados por cualquiera de las cuatro alternativas que se plantean.
4. En resumen el procedimiento adecuado, para intervenir tanto pozos que se convertirán a bombeo mecánico, como aquellos que se les efectuarán reacondicionamientos de bombeo mecánico, deberá ser de la siguiente manera.
  - 4.1. Depresionar y controlar el pozo tomando en cuenta cualquiera de estas cuatro alternativas de solución para realizarlo.
  - 4.2. Observar el pozo cuando menos una hora para comprobar que no se tiene manifestación.
  - 4.3. Desmantelar las conexiones superficiales y colocar preventor para varilla cuando sé este realizando un reacondicionamiento de bombeo mecánico.
  - 4.4. Recuperar las varillas y la bomba restituyendo con fluido de control, el volumen de varillas recuperado.
  - 4.5. Si hay que recuperar la tubería, se deberá de instalar preventor con rams para el tipo de tubería que se ocupe, y probar el mismo.
  - 4.6. Recuperar la tubería con los accesorios correspondientes, en este caso se aplica en reacondicionamientos y conversiones.
  - 4.7. Lavar el pozo cuando en los accesorios que se recuperen del aparejo contienen sedimento, arena o algún otro material.
  - 4.8. Si el comportamiento después de lavar el pozo requiere de volver a controlar hay que realizarlo, si por el contrario no se tiene manifestación, solamente hay que llenar el pozo del fluido de control que sé esta ocupando y recuperar el aparejo lavador.

4.9. Introducir el aparejo de bombeo mecánico, efectuar ajuste, prueba de producción y finalmente si todo es satisfactorio desmantelar el equipo.

## **TABLAS Y FIGURAS**

**TABLA 1  
PROBLEMAS DEL BOMBEO MECÁNICO**

<b>Problema</b>	<b>Causa</b>	<b>Consecuencia</b>
Interferencia de gas Candado de gas	Alta R.G.A.>150 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supervisión constante</li> <li>• Circulaciones continuas</li> <li>• Baja eficiencia de bombeo</li> <li>• Fugas por hules quemados</li> <li>• Represionamiento TR</li> <li>• Pozos cerrados</li> </ul>
Calzamiento de válvulas Émbolo pegado	Sedimento Finos y arena	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circulaciones continuas</li> <li>• Baja eficiencia de bombeo</li> <li>• Daño de equipo superficial</li> <li>• Intervenciones frecuentes</li> <li>• Pozos cerrados</li> </ul>
Fricción entre varilla y tubería	Desviación de los pozos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desgaste de varillas</li> <li>• Alto peso sobre varilla</li> <li>• Disminución eficiencia</li> <li>• Intervenciones frecuentes</li> <li>• Colocación baja bombas</li> </ul>
Recuperación lenta pozo Falta circulación	Baja presión de fondo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción intermitente</li> <li>• Nivel dinámico profundo</li> <li>• Disminuye la eficiencia</li> <li>• Intervenciones frecuentes</li> <li>• Problemas para eliminar calzamiento en válvulas y émbolos</li> <li>• Problemas para eliminar candado gas</li> </ul>
Viscosidad	Aceite viscoso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ineficiencia en el bombeo</li> <li>• Flotación de varillas</li> <li>• Pozos sin operar (cerrados)</li> <li>• Desplazamiento fluido bajo</li> </ul>

<b>TABLA 2</b> <b>HERRAMIENTA Y EQUIPO PARA CONTRARRESTAR LOS PROBLEMAS DEL BOMBEO MECÁNICO</b>		
Alta R.G.A.	Válvula Anticandado	Tipo hidráulico (Charger 927 y circular) Tipo mecánico (Petrovalve y Sidekicker)
	Separadores de gas	Naturales Modificados (Guiberson y hechizo) Integrados
	Controladores de velocidad	Motores de velocidad Reductores de velocidad
	Compresores de gas	Accionados por viga viajera De combustión interna
	Modificación de condiciones De operación	
Sedimento	Cedazos Filtros de arena	De tubería De inserción
Desviación	Centradores de rodillo	
Fluido viscoso	Bomba caliente	
Baja presión	Empacadores con válv. Pie	



FIGURA Nº 1

VELOCIDAD DE GELIFICACION DE UN CLEAN PLUG 10  
A TEMPERATURA DE FLUIDO

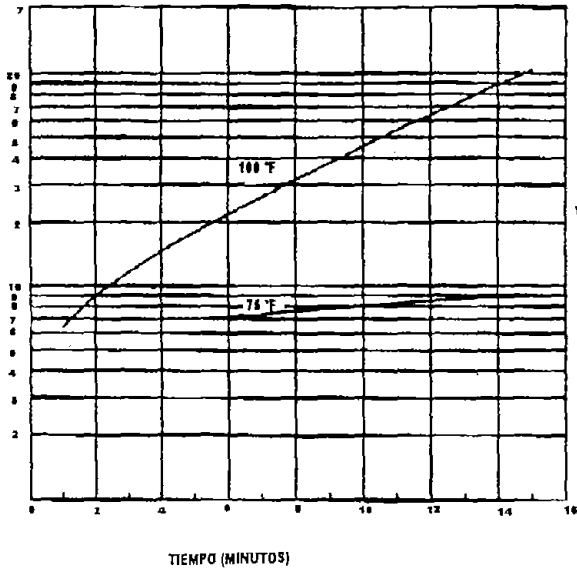


FIGURA Nº 2

CLEAN PLUG 10 ROMPIMIENTO PARA  
UNA TEMPERATURA DE 150 °F

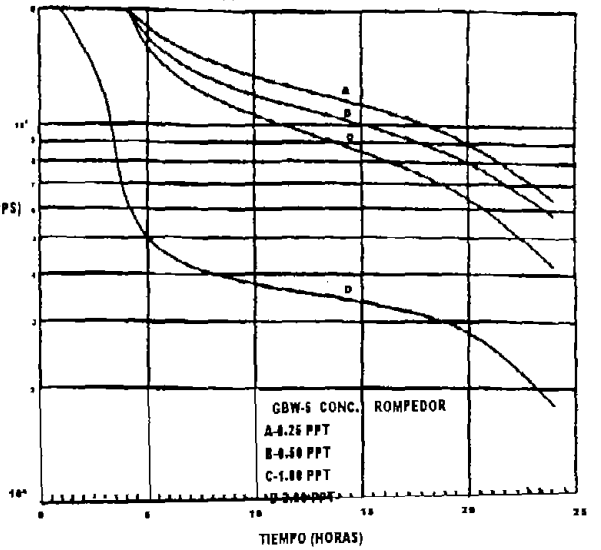


FIGURA Nº 3

CLEAN PLUG 10 TIEMPO DE ROMPIMIENTO PARA  
UNA TEMPERATURA DE 175 °F

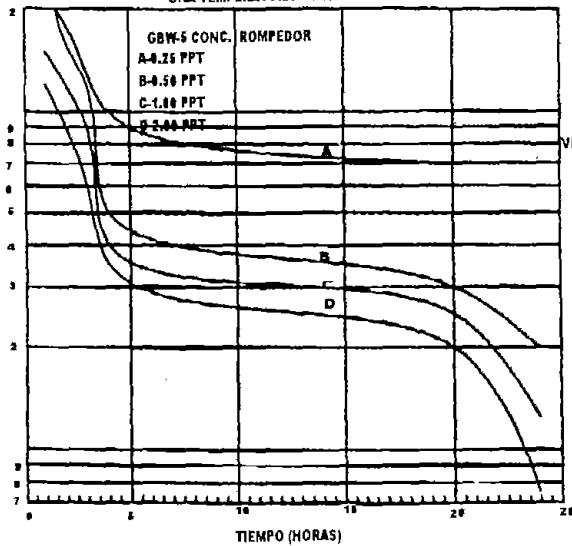
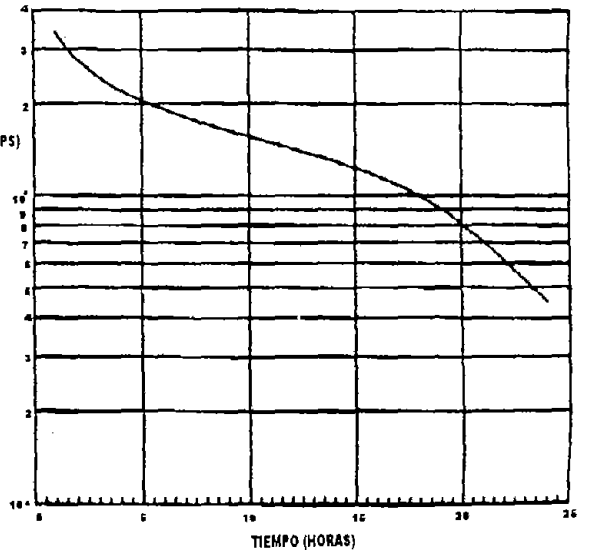


FIGURA Nº 4

CLEAN PLUG 10 TIEMPO DE ROMPIMIENTO PARA  
UNA TEMPERATURA DE 200 °F

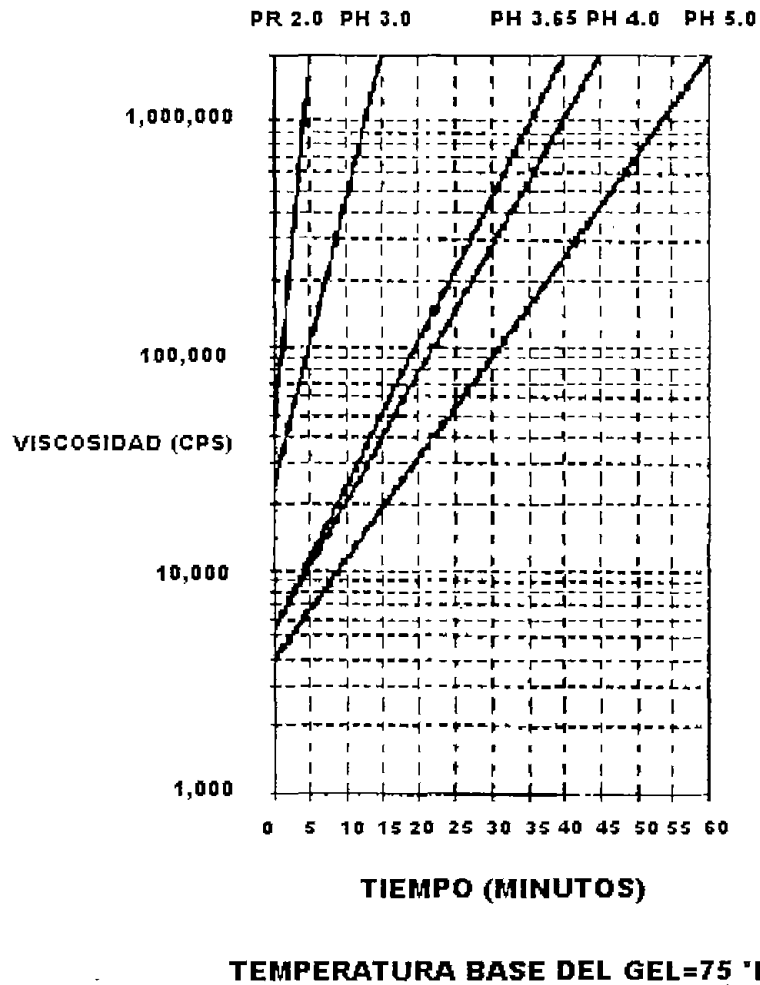


GRAFICA 1

FIGURA 1. VELOCIDAD DE GELIFICACIÓN Y ROMPIMIENTO

**TIEMPO DE RETICULACION VS PH**

**FLUIDO BASE 2% KCL**



**GRAFICA 3**

FIGURA 2. TIEMPO DE RETICULACIÓN UTILIZANDO VS PH

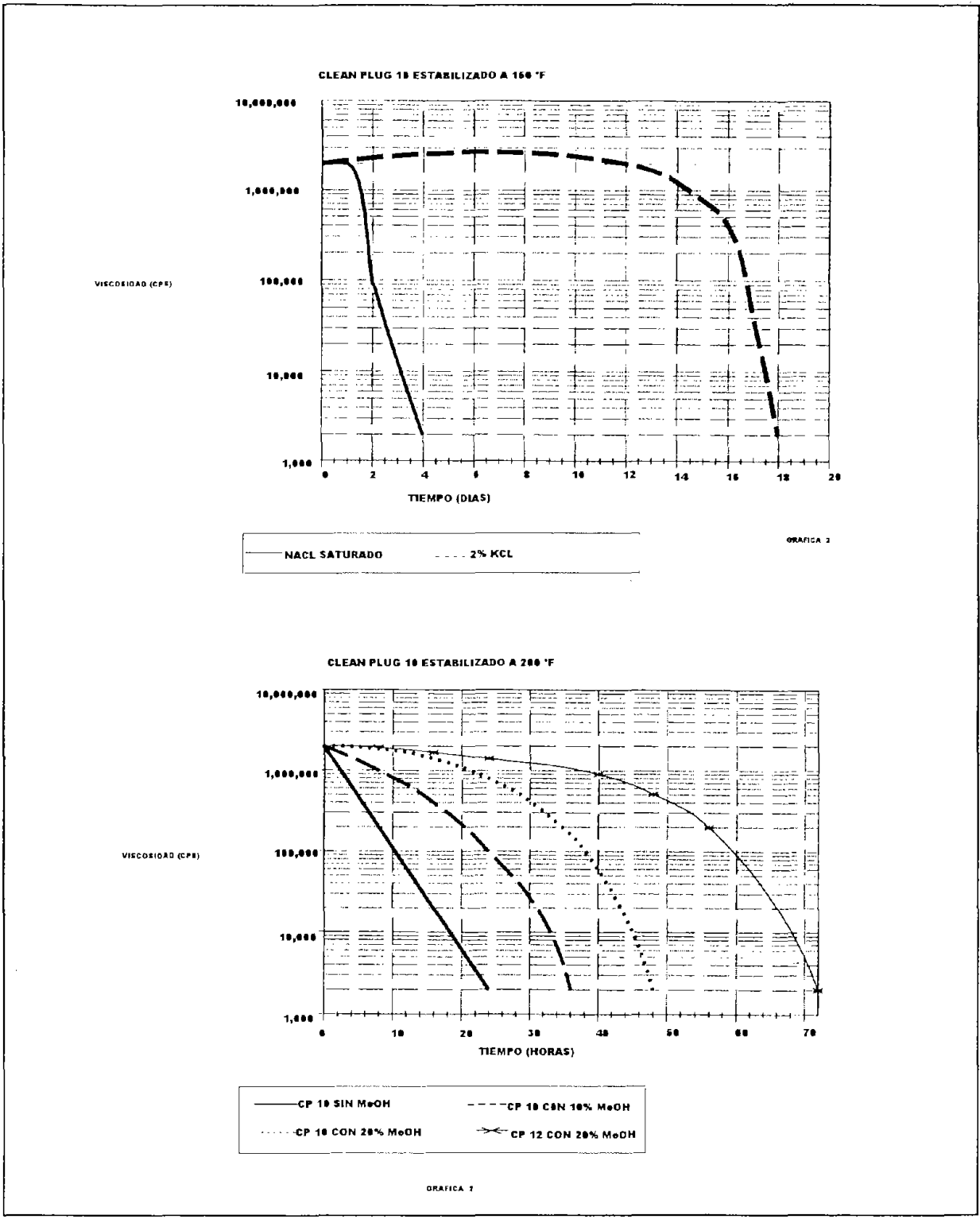


FIGURA 3. TIEMPO DE ESTABILIZACIÓN UTILIZANDO K CL

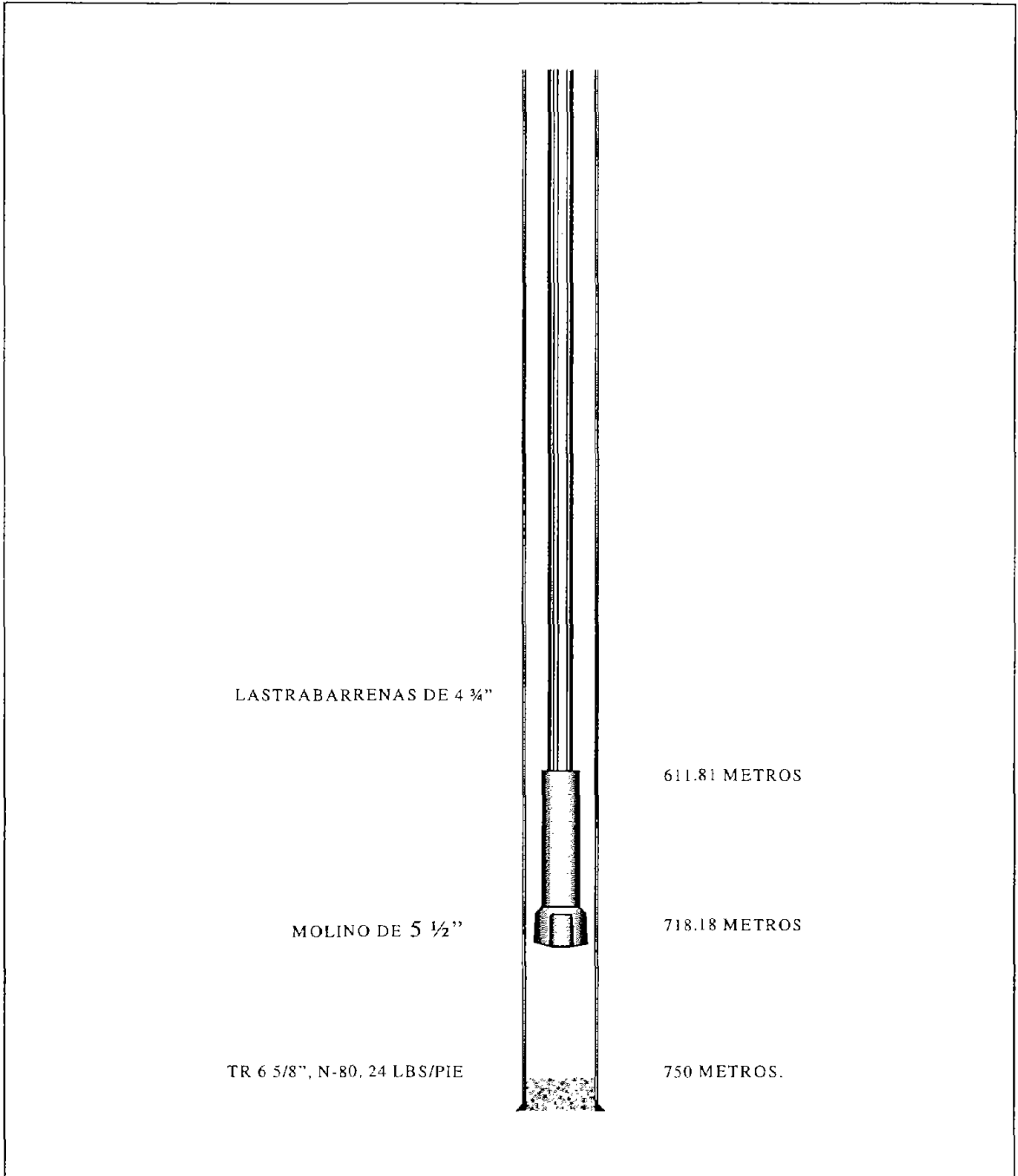


FIGURA 4. POZO ESCUELA EL CASTAÑO

## ESTADO MECANICO PRESIDENTE ALEMAN 150

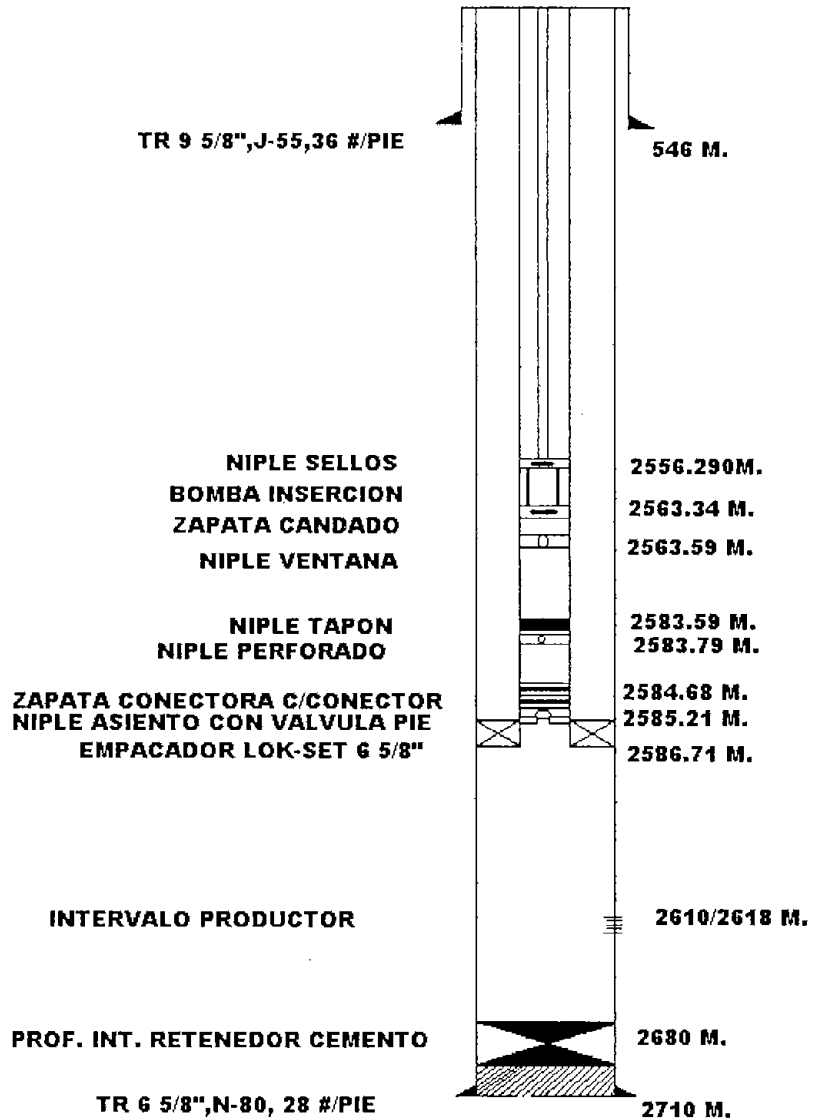


FIGURA 5. ESTADO MECANICO POZO PRESIDENTE ALEMAN 150"

**ESTADO MECANICO  
PRESIDENTE ALEMAN 2**

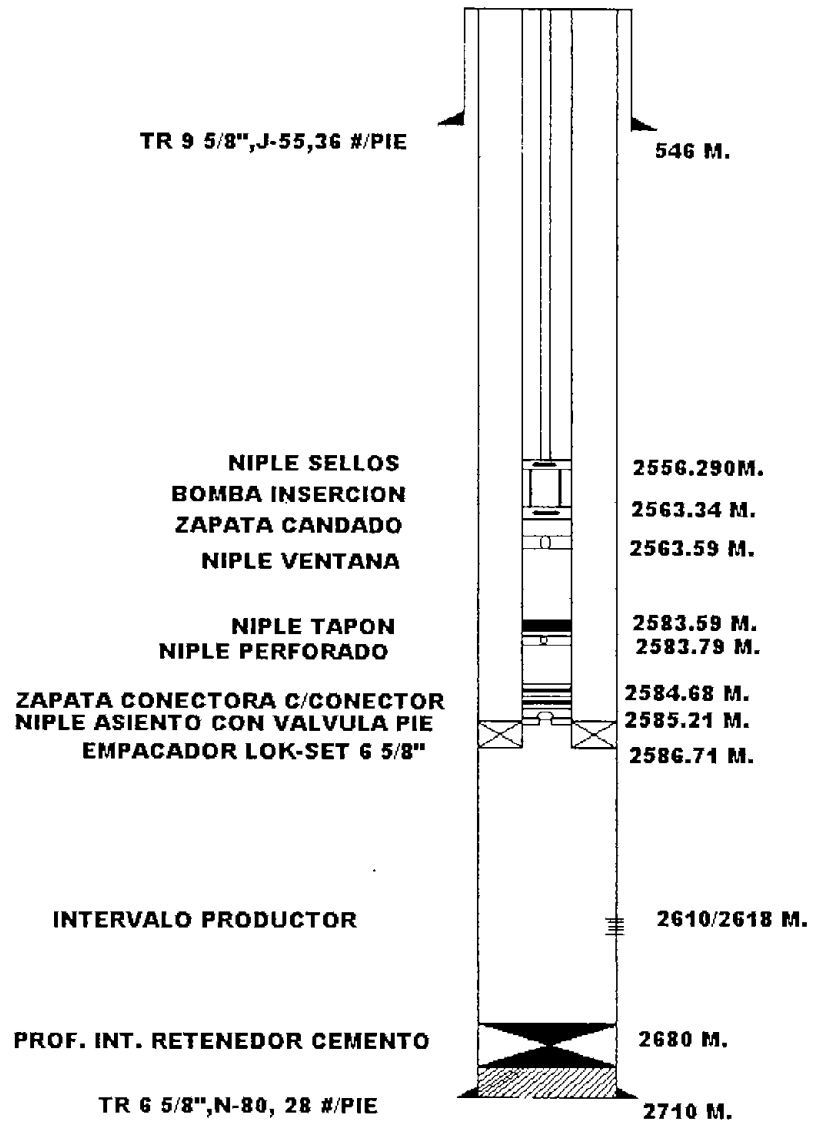


FIGURA 6. ESTADO MECANICO POZO PRESIDENTE ALEMAN 2

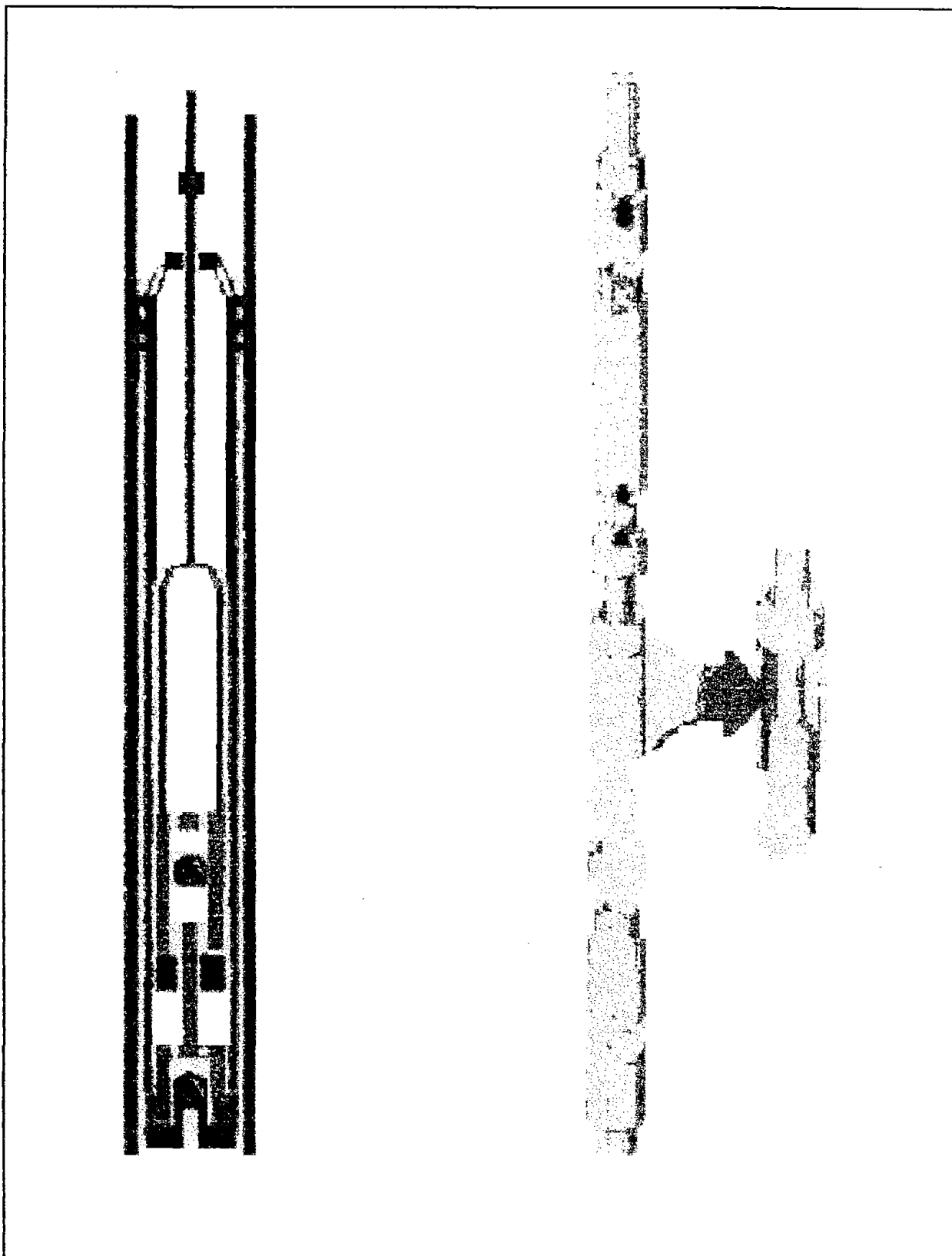


FIGURA 7. VALVULAS ANTICANDADO DE GAS

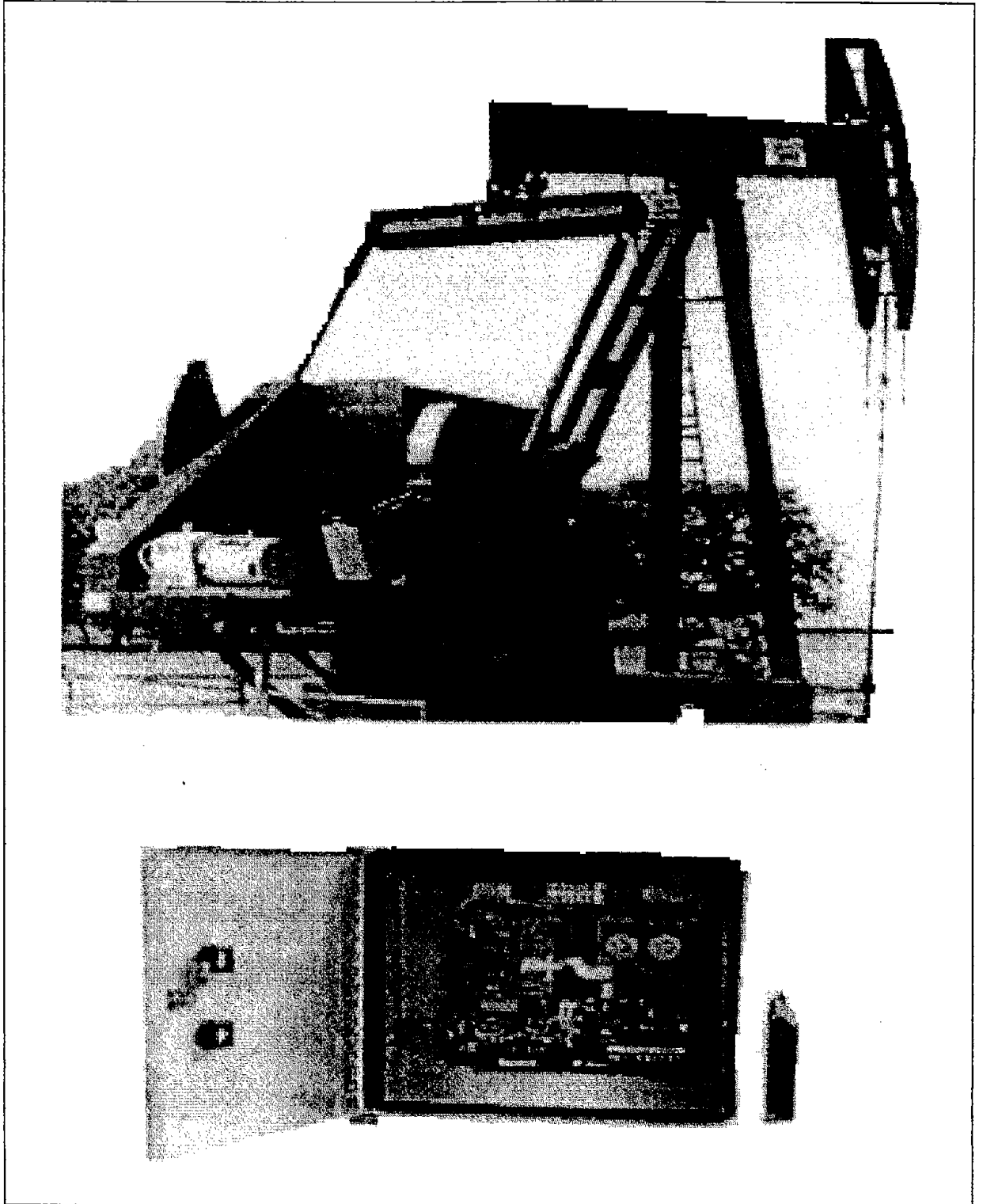


FIGURA 8. MOTOR DE VELOCIDAD VARIABLE



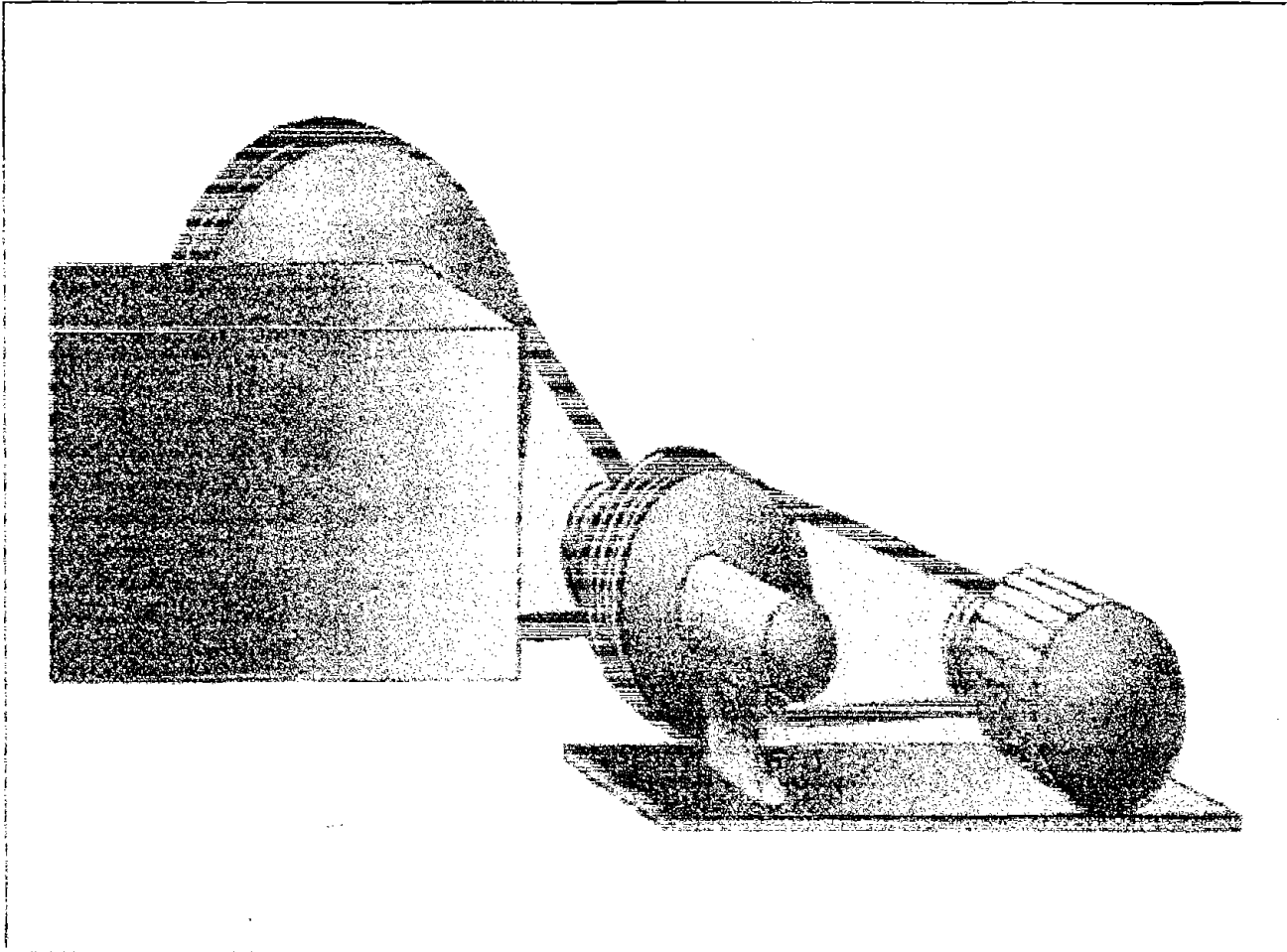
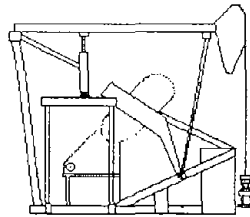
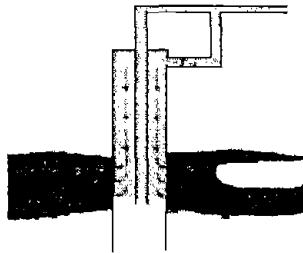


FIGURA 9 REDUCTOR DE VELOCIDAD

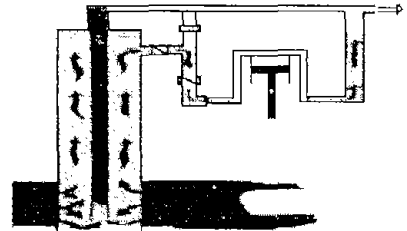
**COMPRESOR DE GAS**



**COMPRESOR INSTALADO EN UNIDAD BM**



**ANTES INSTALAR  
COMPRESOR**



**DESPUES DE INSTALAR  
COMPRESOR**

**FIGURA 10. COMPRESOR DE GAS**

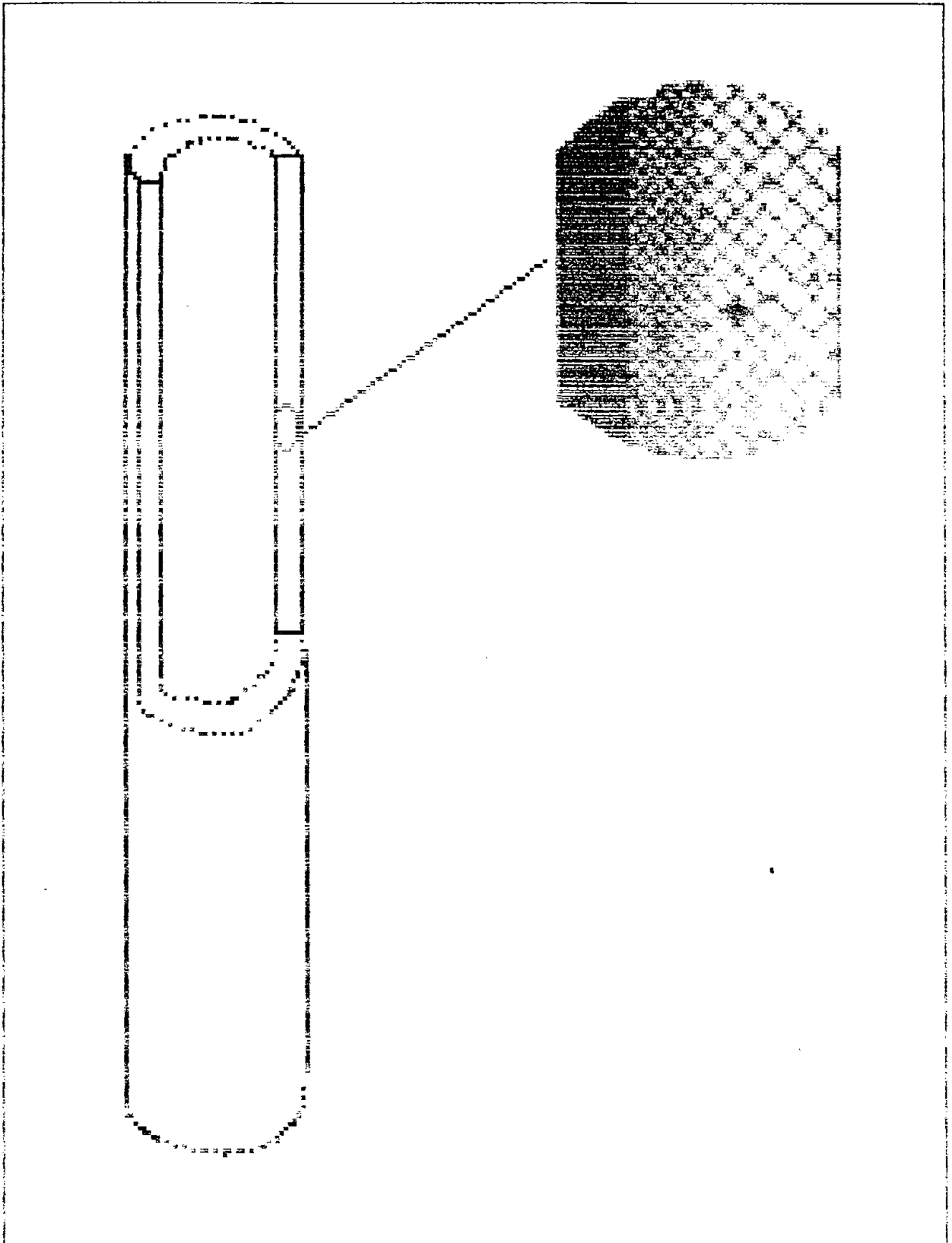


FIGURA 11. FILTRO PUMPGARD

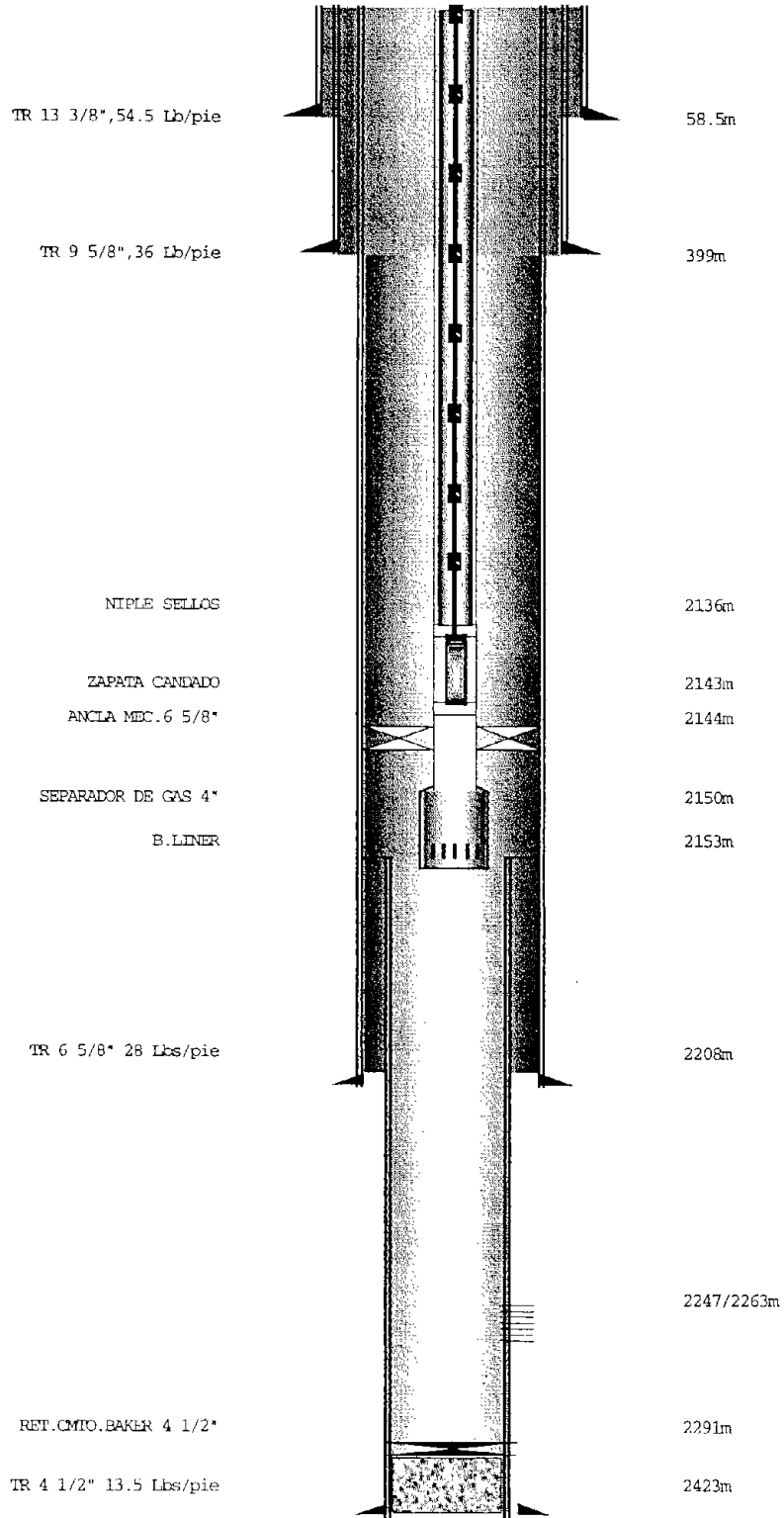


FIGURA 12. + POZO POZA RICA 344

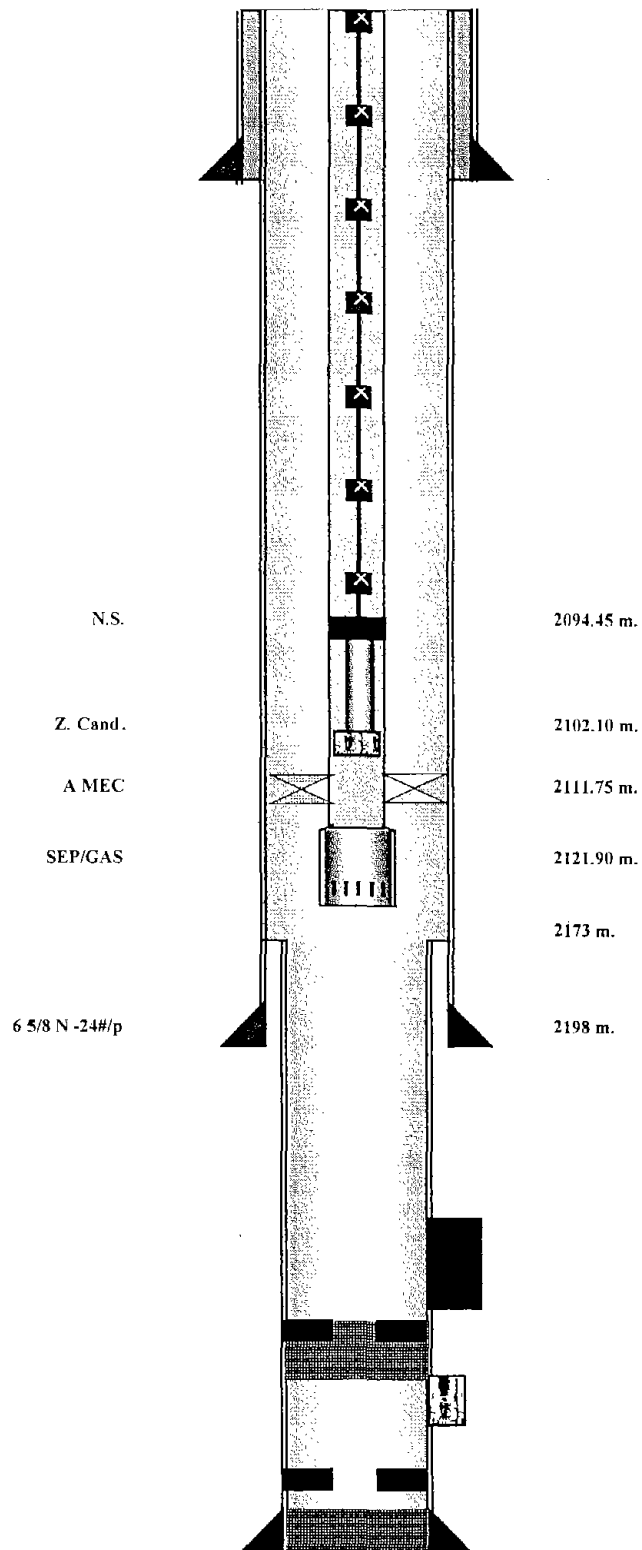


FIGURA 13. POZO POZA RICA 296

## BIBLIOGRAFÍA

RUIZ PÉREZ LEOPOLDO, Apuntes bombeo mecánico, Tampico, Superintendencia General Producción, marzo de 1966, páginas de la 1 a la 12.

PEMEX-IMP, Plan Nacional Capacitación Obrera, Reparación de Pozos 1, nivel 3, México, septiembre 1987, páginas 73, 90 y 91.

BAYRON JACKSON, Boletín informativo del producto "Clean Plug Gel", uso, ventajas, beneficios, como trabaja y aplicación, marzo 1999, páginas de la 1 a la 4.

TRICO COMPAÑÍA, Catálogo General, piezas y accesorios, bombas de varilla San Marcos Texas U.S.A., 1998, páginas de la 2 a la 13.

SANDOVAL HERNÁNDEZ GILBERTO, Problemas y alternativas de solución del sistema de bombeo mecánico, Poza Rica, 1997, páginas de la 1 a la 30.

LEON HERNÁNDEZ EDUARDO, Apuntes bombeo mecánico, recopilación de todos los sistemas probados, Poza Rica, Reparación y Terminación de Pozos desde 1973 a 1999.

LEON MOJARRO DE JOSE C., Procedimientos de Terminación y Reparación de Pozos, Poza Rica, Gerencia de Perforación y Mantenimiento a Pozos, enero de 1997, páginas 1, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 61, 62, 65 y 66.

VICTOR FIGUEROA ORTIZ-BONIFACIO PON USCANGA, Prueba tecnológica del fluido de baja densidad pozo escuela "Castaño" en Cardenas Tabasco, mayo 1999